

DMN - IRAT / CIRAD  
Cellule Diagnostic Hydrique  
des Cultures  
CENTRE AGRHYMET



COOPÉRATION FRANCAISE  
CILSS - PNUD - OMM  
PROGRAMME AGRHYMET  
NIAMEY

# ATELIER D'AGROCLIMATOLOGIE OPÉRATIONNELLE POUR LES PAYS DU CILSS

INDICE DE RENDEMENT ESPÉRÉ DU MIL - HIVERNAGE 1988



29 JANVIER -- 3 FEVRIER 1989

RAPPORT DE SYNTHÈSE

## S O M M A I R E

1 - INTRODUCTION	1
2 - ALLOCUTION DE M. H.SOARES Directeur Général d'AGRHYMET	2
3 - LISTE DES PARTICIPANTS ET PROGRAMME	4
4 - BILAN DU FONCTIONNEMENT DE LA CELLULE DHC	6
5 - SITUATION DES RECHERCHES PAR PAYS	19
51 - Sénégal (M. DIAGNE-ISRA)	
52 - Mali (S. TRAORE M. VAKSMANN IER B. DIARRA Agrométéo DMN)	23
53 - Burkina Faso (L. SOME INERA)	25
54 - Côte d'Ivoire (K.DOFFANGUI-IDESSA)	26
55 - Mauritanie (Y. GANDEGA - DMN)	
56 - La Méthodologie ESPACE (F. FOREST/IRAT)	32
57 - L'Atlas agroclimatique du Sahel (R.MOREL-AGRHYMET)	42
6 - LE PROJET ESPACE	44
Présentation - méthode	
Principaux résultats	47
7 - RESULTATS ESPACE 88 PAR PAYS	56
71 - Synthèse	
72 - Niger (A. MAIDOUKIA DMN et B.CORTIER AGRHYMET)	
73 - Mali (S. TRAORE IER, VAKSMANN IER)	73
74 - Burkina Faso (L.SOME INERA, A. DIALLO)	88
75 - Sénégal	97
8 - LES LOGICIELS AGROCLIMATIQUES	101
81 - Le logiciel DHC (N. GANZIN)	102
82 - le logiciel SANJI (M. VAKSMANN)	107
83 - la base de données PRODCLIM (C. BARON)	109
9 - PROGRAMMATION DU PROJET ESPACE/DHC	112
Commission dispositif national régionalisé	
Commission recherche ESPACE sites lourds	114
<u>ANNEXE</u>	116
Bulletin d'enquête ESPACE 1988	117



## INTRODUCTION

L'atelier d'agroclimatologie opérationnelle pour les pays du CILSS s'est réuni au Centre AGRHYMET de Niamey, République du NIGER, du 29 Janvier au 3 Février 1989. Il a été organisé à l'initiative de la cellule de diagnostic hydrique des cultures DHC mise en place en 1988 au Centre AGRHYMET avec le concours financier de la Coopération Française et l'appui scientifique et logistique du Département Cultures Vivrières IRAT/CIRAD de Montpellier.

Cette rencontre a rassemblé les correspondants agro-météorologiques des composantes nationales du programme AGRHYMET et les représentants des instituts de recherche nationale agronomique des pays membres du CILSS intervenant dans le projet ESPACE, d'évaluation et suivi de la production agricole en liaison avec le climat et l'environnement.

Les objectifs étaient les suivants :

- réaliser la synthèse des résultats et connaissances acquises en matière d'agroclimatologie opérationnelle et de son application au suivi de l'hivernage et à la prévision des rendements.

- favoriser le contact, l'information entre les différentes équipes pour permettre une progression harmonieuse et coordonnée des différentes capacités d'intervention, tenant compte des moyens disponibles et des souhaits respectifs de chaque composante.

**ALLOCUTION D'OUVERTURE POUR L'ATELIER**  
**D'AGROCLIMATOLOGIE OPERATIONNELLE DANS LES PAYS DU CILSS**

Chers Amis représentants des Pays CILSS,

Je suis très heureux de vous souhaiter la bienvenue au Centre Régional AGRHYMET. Vous êtes réunis pour cet atelier qui porte sur un sujet qui nous est très cher : le diagnostic hydrique des cultures en vue de mieux prévoir et évaluer les rendements de nos principales cultures sahéliennes, dans le cadre des systèmes de suivi de la campagne agricole pluviale et de l'alerte précoce. La cellule de diagnostic hydrique qui se situe au sein de la Direction des Applications Agrométéorologiques aura bientôt un an. Elle est venue renforcer, avec un succès qu'il vous appartiendra d'apprécier au cours de cette semaine, les procédés classiques de suivi des cultures.

J'ai le plaisir d'accueillir en ces lieux les experts expatriés qui sont venus de loin pour nous faire partager les fruits de leur savoir et de leur expérience. Je suis fier aussi d'avoir l'opportunité de rencontrer les partenaires sahéliens des Groupes de Travail Pluridisciplinaires des 9 pays du CILSS travaillant dans ce domaine de l'alimentation en eau des cultures, tant au niveau de la météorologie (agrométéorologie et agroclimatologie), que des Instituts de Recherche Nationaux et de l'Agriculture en Général.

Je suis persuadé qu'au cours de cette semaine de travail vous serez en mesure d'apprécier les progrès réalisés dans certains Etats et de prendre les dispositions voulues pour que l'ensemble des 9 pays puissent se mettre sur la même longueur d'onde. Il faudrait, et je suis sûr que vous y parviendrez, qu'à la fin de cet atelier, chaque pays soit prêt à assurer au cours de la future saison des pluies, le diagnostic hydrique le plus fiable, le plus juste et le plus complet possible.

Je sais qu'il ne faut pas se faire d'illusion et que le bilan hydrique n'est qu'un indicateur parmi d'autres, permettant de mieux comprendre et expliquer les rendements ; il y a d'autres facteurs encore mal maîtrisés dont il faudrait tenir mieux compte : techniques culturales, niveau de fertilité, maladies et prédateurs. Toutefois, si le niveau d'alimentation hydrique n'explique pas tout, notamment dans le sud de certains pays où le facteur hydrique n'est pas limitant en général, il reste un facteur déterminant pour la plus grande partie sahélienne et même sahélo-soudanienne de notre sous-région. Avec votre totale participation, faisons donc en sorte qu'AGRHYMET puisse mettre à la disposition des utilisateurs un indicateur vraiment performant et utile.

Je tiens à souligner l'importance pour le système AGRHYMET de la collaboration avec la recherche ; les articulations entre le diagnostic hydrique et les projets coopératifs ESPACE de suivi des cultures en milieu paysan sont nombreuses et bien huilées. L'atelier vous donnera l'occasion, j'en suis sûr de renforcer ces liaisons et de bien faire le lien entre un suivi à partir de bilans hydriques simulés et un suivi de cultures en milieu réel.

AGRHYMET est demandeur pour des produits bien identifiés : à savoir des relations suffisamment précises entre le taux de satisfaction des besoins en eau et le rendement des cultures à divers niveaux de technicité et d'intrants en milieu paysan. C'est grâce à ces relations qui seront établies, grâce à votre aide que nous pourrons remplir nos engagements dans le cadre de la contribution d'AGRHYMET aux divers systèmes de suivi et d'alerte précoce. Enfin, je tiens à remercier la Coopération Française qui à travers cet atelier et l'aide scientifique apportée par le CIRAD et plus particulièrement l'IRAT, a concrétisé une fois de plus, l'intérêt qu'elle apporte aux activités agrométéorologiques appliquées du Programme AGRHYMET.

Je vous souhaite à tous plein succès dans vos travaux et j'ai le grand plaisir de déclarer ouvert cet atelier d'Agroclimatologie.

Je vous remercie.

M. H. SOARES

Directeur Général AGRHYMET



LISTE DES PARTICIPANTS
------------------------

Prénom	Nom	Adresse
JOSE	MORENO	INIA/DAH BP. 62 PRACA CAP VERT
JULIO	ALMEIDA	INIA/DAH BP. 62 PRACA CAP VERT
YELLI	GANDEGA	Sve Aarométéo et Hydrologie MDR BP. 180 Nouakchott MAURITANIE
CHEIKH OULD DIH		Sve Statistiques Agricoles MDR BP. 180 Nouakchott MAURITANIE
MAMADOU	N'DIAYE	Dir. Météo Nat. BP. 8257 Dakar Yoff SENEGAL
MADIAGNE	DIAGNE	Bioclimatologie ISRA BP. 51 Bambey SENEGAL
MAMA	KONATE	Expert OMM BP. 8257 Dakar Yoff SENEGAL
MAMADOU	BAH	Aarométéo-Unit-Department of water ressources 7, Marina Parade Banjul - GAMBIE.
ISATOU	GAYE	Climatological Unit - Depart. of water ressources 7, Marina Parade Banjul - GAMBIE.
FRANCISCO	DIAS	Dir. Météo. Nat. BP. 75 Bissau - GUINEE BISSAU
LUIS DUARTE SA		MDRP - DEPA CP. 71 Bissau - GUINEE BISSAU
BIRIMA	DIARRA	Dir. Météo. Nat. BP. 237 Bamako - MALI
SEYDOU	TRAORE	IER (Projet Eau-Sol-Plante) BP. 1813 Bamako - MALI
MICHEL	VAKSMANN	IER ( " " " ) BP. 1813 Bamako - MALI
DOFFANGUI	KONE	IDESSA/DCV 01 BP.635 Bouake COTE D'IVOIRE
LEOPOLD	SOME	INERA 03 BP.7192 Ouagadougou BURKINA FASO
ALASSANE	DIALLO	Direct. Météo. Nat. BP. 576 Ouagadougou BURKINA FASO
FRANCIS	FOREST	CIRAD/IRAT BP. 5035 - 34032 Montpellier Cédex FRANCE
CHRISTIAN	BARON	CIRAD/IRAT BP. 5035 - 34032 Montpellier Cédex FRANCE
ALIO	MAIDOUKIA	Direct. Météo Nat. BP. 218 - Niamey NIGER
LABO	MOUSSA	" " " "
ISSA	MAIGUIZO	" " " "
DAN	BAKOYE	Stat. Agricoles MINAGRI BP.12091 Niamey NIGER
MOHAMADOU	GANDAH	CNRA de Tarna - INRAN Maradi NIGER
RENE	MBIAIASSEL	Météo Nat. BP. 429 N'Djamena TCHAD
BENOIT	CORTIER	CDHC AGRHYMET BP. 11011 Niamey Niger
NICOLAS	GANZIN	CDHC " " "
CLAUDE	DANCETTE	CDHC " " "

PROGRAMME DE L'ATELIER

Dimanche 29	Accueil	Présentation du programme et du déroulement de l'atelier
Lundi 30	Bilan de la première année de fonctionnement de la C.D.H.C. présentation : - de la méthode, - des outils de calcul, - des premiers résultats.	table ronde sur les problèmes relatifs au suivi de l'hivernage : choix du nombre de stations, transmission des données agroclimato, et agronomiques, retour de l'information.
Mardi 31	Présentation des travaux de recherche menés par les recherches agronomiques des différents pays.	- suite -  Présentation de l'ATLAS
Mercredi 01	Présentation du programme ESPACE, son utilisation pour le suivi en temps réel et l'évaluation de la campagne et pour une meilleure connaissance des liaisons climat-production en milieu paysan.	Résultats ESPACE au Sénégal, Mali, Burkina Faso et Niger Problèmes techniques et méthodologiques.
Jeudi 02	Table ronde sur la méthodologie ESPACE Propositions pour les autres pays.	Formation aux logiciels CDHC identification des besoins en outils informatiques pour chaque pays.
Vendredi 03	Réunion de synthèse -acquis, -thèmes d'études prioritaires	Rédaction du rapport, contribution de chaque pays cérémonie de clôture

## I/ BILAN SUR LA PREMIERE ANNEE DE FONCTIONNEMENT DE LA CELLULE DIAGNOSTIC HYDRIQUE DES CULTURES

### I.1. Objectif

La Cellule Diagnostic Hydrique des Cultures a été mise en place en Février 1988 au Centre AGRHYMET pour rendre opérationnel dans les 9 pays du CILSS le suivi hydrique des principales cultures pluviales.

Intégrée à la Division des Applications agrométéorologiques, elle s'est fixée pour objectif de proposer un Diagnostic Hydrique régionalisé pour l'ensemble des pays sahéliens et de contribuer à l'extension du programme français de Recherche-développement ESPACE.

Elle propose une méthodologie et des moyens de calculs communs pour tout les pays. En liaison étroite avec IRAT/CIRAD. Les logiciels mis au point au Centre AGRHYMET seront progressivement transférés vers les composantes nationales suivant les moyens et les compétences informatiques de chacune. La formation des partenaires est fondamentale pour une bonne valorisation et utilisation de l'outil de calcul dans chaque pays pour le suivi DHC.

### I.2. Outil de calcul et produit D.H.C.

L'outil de calcul utilisé développé par l'IRAT et adopté par la CDHC pour le suivi en temps réel de la campagne est un modèle déterministe fonctionnel de simulation du bilan hydrique : BIP4. Ce modèle a été durant les dernières années ajusté et calé dans les principaux pays sahéliens. Son utilisation par les recherches agronomiques a permis de confirmer la bonne aptitude à décrire finement le comportement hydrique des cultures durant la saison des pluies et de valider son utilisation pour le suivi de campagne.

Des logiciels de saisies et gestion des données pluviométriques et climatiques (ETP/EV acB) ainsi que des données agronomiques (dates de semis, réserves utiles, coefficients cultureux, ruissellement) ont été mis au point pour permettre une actualisation rapide et systématique des données par station en cours de campagne. Une adaptation a été faite sur la présentation des grandeurs de sortie permettant de produire des tableaux synoptiques par pays.

Tous ces programmes sont regroupés et chaînés pour constituer le logiciel (cf chapitre 8 ; présentation logiciel DHC et PRODCLIM).

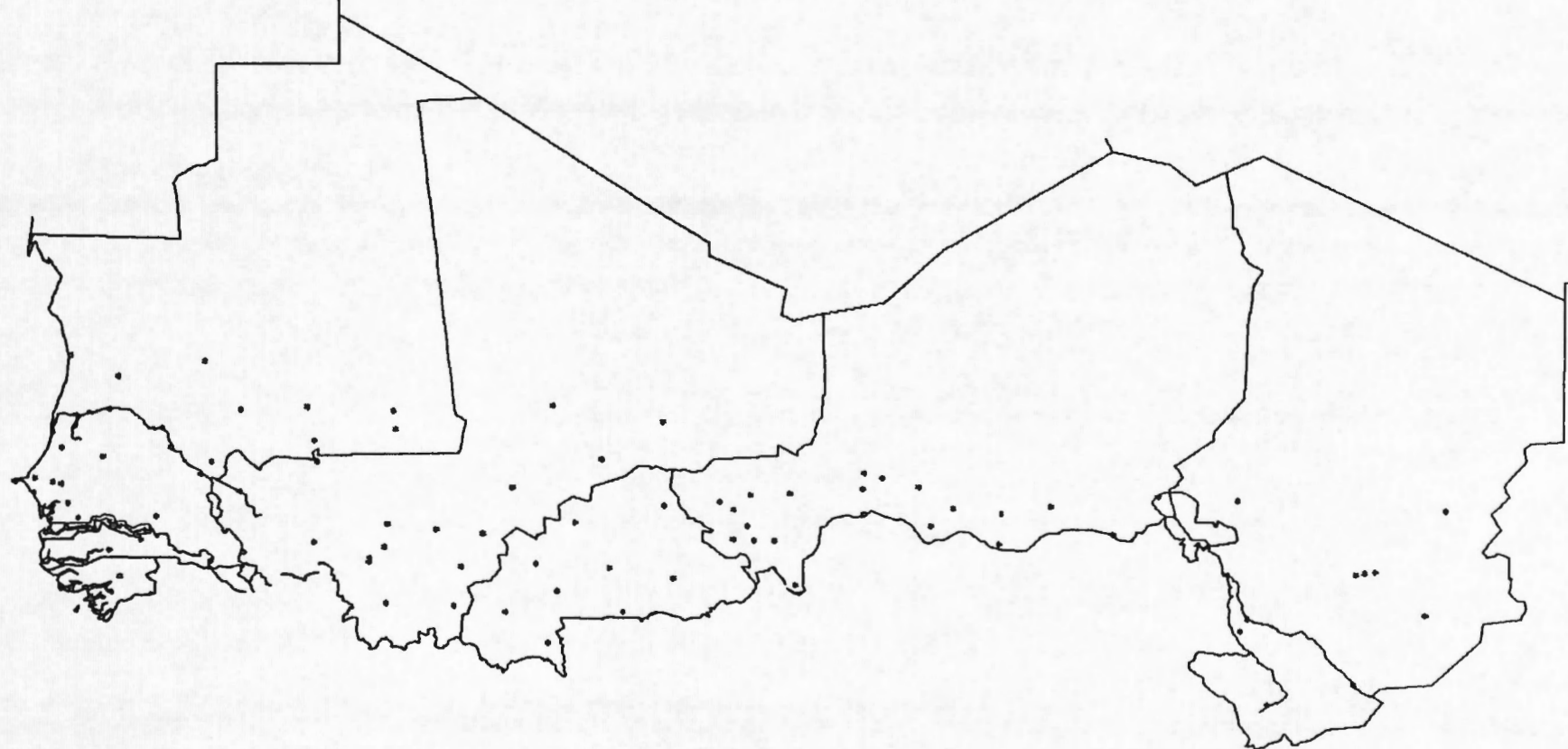
En cours de campagne la CDHC établissait un diagnostic hydrique actualisé tous les 10 jours pour les principales cultures (mil, arachide, maïs, sorgho, niébé) et principales dates de semis donnant :

- l'indice de satisfaction des besoins en eau décadaire et cumulé depuis le début du cycle ;

- la prévision en termes de seuil de probabilité de réussite pour les prochains jours ;



# RESEAU DE SUIVI DHC – HIVERNAGE 1989



RESEAU DHC 88

-17,50	14,73	DAKAR YOFF	5,25	14,47	ILLELA
-16,97	14,42	M'BOUR	5,30	14,90	TAHOUA
-16,95	14,80	THIES	7,08	13,47	MARADI AERO
-16,66	13,35	YUNDUM	8,97	13,80	ZINDER AERO
-16,45	16,05	ST LOUIS	8,90	12,98	MAGARIA
-16,58	13,45	BANJUL	10,30	13,98	GOURE
-16,27	12,55	ZIGUINCHOR	11,98	13,23	MAINE SOROA
-16,07	14,13	KAOLACK	13,19	14,24	N'GUIGMI
-16,47	14,70	BAMBAY	15,03	12,13	NDJAMENA
-16,22	15,62	LOUGA	15,32	14,12	MAO
-15,82	16,50	ROSSO	15,55	10,92	GUELENDENG
-15,78	13,73	NIOURO DU RIP	16,07	8,62	MOUNDOU
-15,60	11,87	BISSAU AIRPORT	18,38	9,15	SARH
-15,48	11,60	BOLAMA	18,45	12,13	DADOUAR
-14,67	12,17	BAFATA	18,68	12,18	MONGO
-14,97	12,88	KOLDA	20,85	13,85	ABECHE
-14,93	16,65	PODOR			
-14,90	13,55	SAPU			
-14,77	13,53	GEORGETOWN			
-14,67	12,17	BAFATA			
-14,22	13,32	BASSE			
-13,68	13,77	TAMBACOUNDA			
-13,25	15,63	MATAM			
-13,50	16,15	KAEDI			
-12,47	14,90	BAKEL			
-12,22	12,57	KEDOUGOU			
-12,17	15,23	SELIBABY			
-11,35	12,80	KENIEBA			
-11,43	14,43	KAYES			
-11,40	16,63	KIFFA			
-9,45	13,07	KITA			
-9,35	15,23	NIOURO DU SAHEL			
-9,60	16,70	AIOUN			
-7,95	12,53	BAMAKO SENOU			
-7,93	12,65	SOTUBA			
-7,27	16,60	NEMA			
-6,15	13,40	SEGOU			
-5,68	11,35	SIKASSO			
-5,47	12,40	KOUTIALA			
-4,10	14,52	MOPTI			
-4,30	11,17	BOBO DIOULASSO			
-3,18	10,33	GAOUA			
-3,48	12,47	DEDOUGOU			
-2,43	13,58	OUAHIGOUYA			
-1,52	12,35	OUAGADOUGOU			
-1,15	11,17	PO			
-,03	14,03	DORI			
-,05	16,27	GAO			
,21	12,07	FADA N'GOURMA			
1,45	14,12	TILLABERY			
2,17	13,48	NIAMEY AERO			
3,45	11,88	GAYA			
3,32	14,35	FILINGUE			
5,28	13,80	BIRNI N KONNI			

- une estimation des rendements à l'échelle régionale ;
- ce diagnostic était intégré au téléx décadaire AGRHYMET envoyé aux composantes nationales et une analyse synthétique était faite dans les bulletins mensuels.

### 1.3. Fonctionnement

72 stations ont été suivies cette année. Les données pluviométriques journalières et l'ETR Penmann décadaire étaient reçues au centre à la fin de chaque décade par téléx en clair.

#### SENEGAL (16 stations)

Podor  
Saint Louis  
Fanaye  
Dahia  
Louga  
Dakar  
Matam  
Bakel  
Bambey  
Thiès  
Kaolack  
Nioro du Rip  
Koldu  
Tambacounda  
Kedougou  
Ziguinchor

#### MAURITANIE (6)

Rosso  
Kaedi  
Selihely  
Kiffa  
Aioun  
Nema

#### GAMBIE (5)

Banjul  
Yundum  
Basse  
Sapu  
George Town

#### MALI (12 stations)

Kayes  
Nioro du Sahel  
Soluba  
Bamako  
Kenicha  
Sikasso  
Mopti  
Gao  
Koutiala  
Ségou  
Kita  
Banamba

#### BURKINA FASO (8)

Gaoua  
Po  
Dédougou  
Ouagadougou  
Ouahigouya  
Dori  
Fada N'Gourma  
Bobo Dioulasso

#### GUINEE BISSAU (3)

Bissau  
Bolana  
Bafata

#### NIGER (13 stations)

Tillabéry  
Niamey  
Gaya  
Tahoua  
Birni N'Konni  
Maradi  
Zinder  
Mainé Soroa  
N'Guigmi  
Filingué  
Illéla  
Magaia  
Gouré

#### TCHAD (8)

N'Djamena  
Seuh  
Moundou  
Abeche  
Mao  
Mongo  
Quelendeng  
Dadouar



Abstraction faite des problèmes de réception spécifique au centre. Les données de pluviométrie journalières + ETP décadaires provenant du :

- Mali,
- Sénégal,
- Burkina Faso,
- Guinée Bissau,
- Niger,

ont été reçues régulièrement à la fin de chaque décade.

Ces données concernant la Gambie n'ont pas été reçues après la 2ème décade d'Août.

Les autres pays (Cap Vert, Mauritanie, Tchad) ne nous faisaient parvenir que les cumuls pluviométriques décadaires par message CLDEC.

Les autres moyens de réception au Centre ont été :

- les bulletins décadaires nationaux AGRHYMET,
- le téléphone,
- les retours de missions d'Experts AGRHYMET,
- les courriers ou télégrammes envoyés par la Recherche Agronomique des différents pays.

#### I.4. Fonctionnement du suivi de campagne par pays

Les principales préoccupations des pays dans le cadre du suivi de campagne sont multiples. Chaque pays ayant ses problèmes propres et des relations composantes nationales - Centre Régional spécifiques nous présentons donc ci-dessous la situation des moyens de suivi par pays et les perspectives d'extension et de perfectionnement dans le cadre du DHC.

#### CAP VERT

La situation du Cap Vert contrairement aux autres pays sahéliens est particulière. La méthodologie développée par la CDHC ne peut être transférée sans au préalable une bonne connaissance de comportement hydrique des sols et du fonctionnement hydrologique des multiples bassins versants. L'économie et la rétention de l'eau se traduit par des pratiques cultures adaptées aux zones de montagne (cultures en terrasses, sur parcelles assistées avec ruissellement négatif).

Les îles de nature volcaniques comportent des sols à caractère andique dont la restitution de l'eau est très différente du sol sableux ou argilo-sableux dominant au Sahel.

Durant la Campagne, 40 postes pluviométriques sont suivis, répartis sur les principales îles de l'Archipel. Les cultures principales sont le maïs et le haricot Cap Verdien. Le bulletin est rédigé mensuellement faute de disposer au service de l'Agronomie d'un micro ordinateur compatible IBM PC.

Le suivi devrait pouvoir porter aussi sur les cultures irriguées nombreuses.

Le souhait de M. J. MORENO dans le cadre du programme AGRHYMET et du projet DHC/ESPACE est d'adapter avec l'appui scientifique et technique de l'IRAT/CIRAD le bilan hydrique DHC en menant des actions sur le terrain :

- mesure du bilan in situ par sonde neutronique et batteries de tensiomètre,
- mesure hydrodynamique des sols et estimation des réserves utiles par type de sol,
- étude du mécanisme du ruissellement,
- évolution de l'ETP sous influence océanique compte tenu de la topographie des îles et influence sur les coefficients culturaux.
- Ces actions devraient pouvoir se traduire par des missions d'appui à l'INEA.

La possibilité de mettre en place un expert permanent permettrait de développer un outil de diagnostic spécifique au Cap Vert durant un an.

Pour la saison prochaine les moyens d'actions retenus pour le suivi de campagne sont :

- renforcement des moyens de transmission entre San Jorge et Niamey par liaison téléphonique,
- financement d'un micro ordinateur de type Goupil S 88 si le financement Américain pour l'Equipement de micro ordinateur prévu pour Avril ne se fait pas.

Une mission d'appui conjointe AGRHYMET/IRAT pour l'installation du logiciel DHC et l'évaluation des moyens spécifiques à mettre en oeuvre pour appuyer l'INEA dans ses moyens de diagnostic.

L'utilisation du DHC devrait permettre au préalable de mettre en évidence les lacunes et les incohérences de ce type de logiciel pour le suivi des cultures au Cap Vert.

Le projet pilote AGRHYMET n'a pu fonctionner correctement faute de moyen financier. Quant au moyen de télécommunication ou de transmission dans les îles, ils doivent être renforcés par l'aide italienne prévue pour la prochaine campagne.

#### GUINEE BISSAU

Le principal problème de la Guinée Bissau est le manque de liaison entre les stations pluviométriques. Seules 3 stations (Bissau, Bolama, Bafata) ont pu être suivies et les données envoyées régulièrement au Centre AGRHYMET en 1988. Ces mêmes stations seront suivies pour 1989 sans autre possibilité d'extension.

L'absence de micro-ordinateur ne permet pas aux agents chargés du suivi de perfectionner le bulletin décadaire et notamment d'utiliser le logiciel DHC présenté au cours de cet atelier. L'arrivée du micro ordinateur américain permettrait, s'il arrive à temps de mener un suivi systématique des principales cultures à savoir :

- le riz pluvial, de mangrove et de bas fond,
- le maïs et le mil/sorgho,
- l'arachide,
- le coton.

### GAMBIE

La Gambie est confrontée à deux problèmes :

- manque de personnel qualifié en Agrométéorologie,
- manque de moyens informatiques.

Le manque de personnel se traduit par un mauvais suivi des stations pluviométriques et une analyse succincte de la situation agrométéorologique du pays.

Il faut cependant noter l'effort mené par la Gambie pour envoyer les détails de la pluviométrie journalière à la fin de chaque décade. L'acquisition du logiciel DHC et la formation des agents à son utilisation devrait permettre d'affiner l'analyse faite dans la mesure où les équipements en micro informatique se trouveront renforcés (Aide Américaine).

### MAURITANIE

Les préoccupations de la Mauritanie concernant le suivi de campagne sont d'ordre informatique (pas de PDP 11, 1 seul Rainbow est utilisé pour le traitement de texte) et logistique. Les informations provenant du terrain sont reçues très en retard au service central de Nouakchott.

L'analyse de la situation hydrique des cultures en cours de saison est faite avec le modèle Frère et Popov calculé avec une calculatrice de poche.

Des problèmes de personnel ont fait que la G.T.P. AGRHYMET n'a pu être opérationnel cette année.

Les liaisons Nouakchott - Niamey ont été irrégulières dans les 2 sens et il semble préférable de passer par l'intermédiaire du PNUD pour faire acheminer l'information. Cette remarque est d'ailleurs générale pour tous les pays qui se sont plaint de la mauvaise diffusion du télex AGRHYMET vers les composantes nationales. Ce problème important sera abordé plus loin.

### SENEGAL

Le suivi DHC a été fait en liaison avec le service d'Agrométéorologie de la D.M.N. et le service de Bioclimatologie de l'ISRA à Bambey.

Le Sénégal bénéficie d'un réseau équipé de B.L.U permettant un suivi pluviométrique en temps réel et un envoi régulier et complet de ces données vers le centre AGRHYMET. L'ISRA bénéficie des mêmes moyens et a envoyé pour son propre réseau de recherche leur pluviométrie par télégramme après chaque décade.



Le bulletin Agro-Hydro-Météorologie décadaire est rédigé par le groupe de travail pluridisciplinaire AGRHYMET qui se réunit à Dakar à la fin de chaque décade. L'analyse de la situation hydrique des cultures est faite grâce au modèle Frère et Popov dont dispose le D.M.N. sur le P.D.P. 11.

L'ISRA procède aussi à un suivi de campagne qui se veut plus agronomique. Elle rédige toutes les 3 semaines un bulletin agroclimatologique, l'analyse hydrique était faite grâce au modèle BIP (IRAT/CIRAD) en place depuis 3 ans au service Bioclimatologie du CNRA de Bambey.

Ce modèle a été modifié pour les besoins de la recherche et il est important que le logiciel DHC d'AGRHYMET soit utilisé dorénavant pour le suivi de campagne dans un souci de normalisation des résultats pour tous les pays. Les moyens informatiques seront renforcés pour permettre de répondre aux besoins croissants au moyen de calcul du service (Achat d'un GOUPIL G5 286).

L'équipe DHC du Centre AGRHYMET ainsi que M. KONATE, Expert OMM responsable du projet AGRHYMET au Sénégal attache une grande importance pour que l'ISRA et la DMN puissent collaborer de façon plus fructueuse pour le suivi de campagne et contribuent ensemble à la rédaction des B.A.D. L'ISRA apportant son savoir agronomique et ses moyens de calcul pour le Diagnostic hydrique des cultures et la D.M.N. fournissant les données pluviométriques et climatologiques ainsi qu'une analyse de la situation météorologique. L'analyse agronomique étant faite en concertation mutuelle.

Un problème important a été soulevé concernant les transmissions entre la D.M.N. et le Centre AGRHYMET.

Depuis quelques années, les procédures d'envoi des données par le Centre se sont multipliées. La situation est devenue telle que les composantes nationales sont contraintes d'envoyer plusieurs fois la même donnée sous des formes différentes (CLIMQ, CLDEC, message en clair, SYNOPS etc...). Un effort sera fait au niveau du Centre pour réduire ces procédures et éviter aux opérateurs un surplus de travail inutile.

Il est à noter que cette année, une première expérience a été menée pour l'envoi des données cartographiques en cours de campagne par voie télécopieur. Un problème de fonctionnement du téléfax au Centre n'a pas permis l'envoi systématique de l'information jusqu'en fin de campagne. L'expérience sera néanmoins renouvelée pour la saison prochaine :

Apporter une visualisation cartographique de l'information envoyée par télex avec des délais identiques.

## MALI

Le Mali est sans doute le pays pilote en ce qui concerne le suivi de campagne, abstraction faite des problèmes de liaisons télécommunication entre BAMAKO et le Centre AGRHYMET.

Le service de l'Agrométéorologie de la DMN dispose de moyens en micro-informatiques permettant de faire tourner le modèle BIP 186 de l'IRAT, ce modèle sera remplacé au bénéfice du logiciel DHC dont le modèle de base reste

le même mais permet une saisie et une gestion de données d'entrées (pluviométrie, ETB, dates de semis, type de culture, etc...) et de sorties (paramètres de sortie du bilan hydrique) mieux adaptée pour l'analyse multi station et multi culture propre au suivi de campagne.

Le réseau des stations pluviométriques est équipé de BLU permettant un suivi en temps quasi réel et un traitement rapide de l'information. Les données du réseau secondaire sont collectées en fin de décade.

Le bulletin Agro-Hydro-Météorologique décadaire est réalisé à décade + 4 jours par le G.T.P.

L'IER (Institut d'Economie Rurale) apporte sa contribution au suivi DHC régional du Centre en envoyant au cours de saison ses rapports de suivi de campagne fait dans le cadre du programme ESPACE.

Le Mali a renouvelé le vœu fait par le Sénégal de ne pas répéter les informations météorologiques à envoyer au Centre AGRHYMET. Par contre, et la remarque a été faite par tous les pays, l'envoi des données pluviométriques journalières ainsi que des ETP décadaires à la fin de chaque décade est capitale pour permettre à l'équipe DHC de faire un diagnostic hydrique régionalisé qui puisse être réutilisable ensuite par les pays eux-mêmes.

#### BURKINA FASO

Le réseau synoptique du Burkina Faso comprend 9 stations reliées par radio B.L.U. permettant une collecte rapide des données à la DMN à Ouagadougou, et envoyée à chaque fin de décade par télex en clair vers Niamey (Pluviométrie journalière + ETP Penmann).

Le suivi de la situation hydrique des cultures est fait manuellement le modèle Frère et Popov.

Une version du modèle BIP4 est installé sur RAINBOW mais n'est pas utilisée pour le suivi de campagne faute d'avoir été adapté au préalable.

L'équipement en micro-ordinateur se réduit à un seul RAINBOW. La chaîne suivi installé sur le PDP 11 ne fonctionne pas.

L'acquisition d'un micro-ordinateur prévu (financement DHC/AGRHYMET et Aide Américaine) et du logiciel DHC permettra à l'équipe Agrométéo d'affiner son diagnostic et d'enrichir dans le bulletin Agro-hydro-météorologique décadaire la partie aaronomique encore très succincte.

#### NIGER

Le Niger est un cas particulier puisque le Centre AGRHYMET se trouve à Niamey. Des liaisons étroites se sont instaurées entre l'équipe Agrométéo de la DMN et l'équipe DHC du Centre.

Le pays bénéficie d'un réseau dense et très bien relié (malgré l'étendue du territoire) permettant l'acquisition de toutes les données pluviométriques et climatiques en fin de décade. La DMN compte tenu des équipements

micro-informatiques dont elle dispose, utilise le modèle Frère et Popov pour faire le suivi hydrique des cultures. Une formation au logiciel DHC est prévue sur place aux Agents du Service Agrométéo et un suivi commun CDHC/DMN est prévu pour l'an prochain au niveau national aboutissant à la rédaction conjointe du B.A.D., comme dans beaucoup d'autres pays la chaîne suivi installée sur P.D.P. ne fonctionne pas.

## TCHAD

L'Agrométéorologie opérationnelle au Tchad est confrontée à des problèmes logistiques et humains ne permettant pas de faire un suivi de campagne systématique sur toute la zone agricole du pays et en temps quasi réel (rédaction du Bulletin Agro-hydro-météorologique décadaire). Les moyens informatiques sont inexistantes et le personnel est peu qualifié. Face à ces problèmes, 2 suggestions ont été formulées :

- porter l'accent sur le suivi de campagne durant les phases importantes à savoir, la période de semis et la phase sensible (floraison, épiaison, pour les céréales) et la période de récolte.

- proposer une méthode simplifiée du Calcul de l'ETP Penmann, adaptée pour les calculatrices de poche. L'obtention de ces valeurs étant préférable aux ETP climatologiques de référence (FAO) utilisées jusqu'à maintenant.

## II - SYNTHESE DE LA SITUATION PAR PAYS

Les problèmes de suivi de campagne exposés précédemment pays par pays permettent de tirer des remarques générales et de définir les dispositions à prendre pour renforcer le dispositif de certains pays et contribuer au perfectionnement des composantes nationales.

1/ Les moyens micro-informatiques sont insuffisants pour tous les pays (sauf le Mali) voir inexistantes pour certains. L'aide Américaine prévue, si elle arrive à temps devrait permettre aux pays d'améliorer de façon très appréciable dès la saison prochaine, la qualité de l'information traitée et envoyée au Centre AGRHYMET. Un financement en équipement micro-informatique DHC/ESPACE est envisagé, pour quelques pays (Burkina Faso, Sénégal, Cap Vert).

2/ Le manque de qualification du personnel ou du personnel insuffisant montre l'importance du rôle d'animation et de perfectionnement technique des composantes nationales qui passe par l'organisation d'ateliers de travail, de mission d'appui en début et en cours de campagne et l'échange d'information par toutes les voies d'acheminements possibles entre le centre et les pays (rapports, disquettes informatiques, télécopies etc...).

3/ Le problème des transmissions des données a été souligné. Les pays se plaignent de la multiplication des procédures d'envois des données pluviométriques et climatiques qui provoquent un surplus de travail et un surcoût de fonctionnement.

Cependant la CDHC insiste sur l'importance de pouvoir recevoir rapidement les données pluviométriques journalières et les ETP Penmann en fin de décade. Tous les pays reconnaissent d'ailleurs la nécessité d'un tel envoi.



La Direction de l'exploitation étudie de nouvelles procédures de transmissions. Des messages seront redéfinis prochainement et mis à la connaissance des pays.

Une mise à jour et modification de l'adressage est à faire compte tenu du nombre important de bulletins mensuels non reçus par les pays.

4/ Les problèmes de logistique constituent aussi un obstacle au suivi régulier des cultures en cours de campagne. La fiabilité du réseau de base (réseau synoptique et pour certains pays secondaire) est l'étape indispensable, elle passe par la mise en place de moyens de télécommunications (radio BLU, téléphone, télécopie) permettant une collecte rapide des données de base vers le Centre National. Ces moyens sont encore très insuffisants en Guinée Bissau, Mauritanie, Gambie et Tchad. L'aide Italienne permettrait de combler en partie ce manque.

5/ Les projets pilotes AGRHYMET sont dans la plupart des pays très peu suivis faute de moyens humains et financiers. Les G.T.P. n'ont pas été opérationnels. Un expert FAO du Centre AGRHYMET devrait se charger de faire la synthèse par pays de ce qui a été fait, des problèmes existants, et de proposer de nouvelles orientations mieux adaptées aux préoccupations des pays.

6/ La rédaction des bulletins pour chaque pays passe par le G.T.P. AGRHYMET. Elle se fait pour beaucoup de pays manuellement, les calculs de bilan hydrique se faisant avec une calculatrice de poche. L'équipement en micro-ordinateur compatible (Aide Américaine + financement DHC) devrait permettre de rendre beaucoup plus performant la réduction des BAD et les moyens de calcul propre au suivi (Traitement des données pluviométriques, bilan hydrique, cartographie).

### **Actions prioritaires de la CDHC**

Les principales actions que se fixe la CDHC du Centre AGRHYMET pour la saison 1989 sont :

- achat de Micro-ordinateur compatible dans le cadre du transfert du logiciel DHC du Centre vers les Composantes Nationales (Cap Vert, Burkina Faso).

- Etendre les premières expériences de 1987 concernant l'envoi d'information par Télécopie (Sénégal, Mali). Un financement supplémentaire permettait l'équipement de Téléfax pour les autres pays. Une expérience pilote est prévue au Niger pour l'équipement de téléfax dans les principaux centres régionaux du pays (7) permettant la transmission de données terrains (dates de semis, pluviométrie, stade phénologique, degré d'attaque des cultures etc...). Ce projet s'inscrit dans le cadre de la Coopération entre le projet surveillance des ressources au Sahel et le DIAPER. Le financement est prévu par le FED si l'Etude Technique de faisabilité conclut à des propositions de coûts réalistes. La DHC contribue au fonctionnement de ce G.T.P. qui devra sortir cette année un bulletin de Suivi Agropastoral unique regroupant tous les services (MAG/E, D.M.N, DVPC, DPV, DRE, DPIA, AGRHYMET/DHC).

- L'extension du réseau de stations suivi en 1988. Le réseau régional devant passer de 72 à 100 (voir liste proposée ci-dessous).
- Le transfert du logiciel DHC vers les composantes nationales.
- La programmation d'un Atelier de travail orienté vers la formation et le perfectionnement informatique des Agents Aerométéorologiques début 1990.
- L'extension du programme ESPACE aux autres pays du CILSS (voir chapitre ESPACE).

-17,50	14,73	DAKAR YOFF	-4,30	11,17	BOBO DIOULASSO
-16,97	14,42	M'BOUR	-3,18	10,33	GAOUA
-16,95	14,80	THIES	-2,92	11,73	BOROMO
-16,66	13,35	YUNDUM	-3,48	12,47	DEDOUGOU
-16,45	16,05	ST LOUIS AERO	-3	16,72	TOMBOUCTOU
-16,58	13,45	BANJUL	-2,43	13,58	OUAHIGOUYA
-16,27	12,55	ZIGUINCHOR	-1,70	15,28	HOMBORI
-16,07	14,13	KAOLACK	-1,52	12,35	OUAGADOUGOU
-16,23	14,65	DIOURBEL	-1,15	11,17	PO
-16,47	14,70	BAMBEY AERO	-,03	14,03	DORI
-16,22	15,62	LOUGA	-,05	16,27	GAO
-16,10	13,50	KEREWAN	,21	12,07	FADA N'GOURMA
-15,82	16,50	ROSSO	1,80	13,12	TORODI
-15,78	13,73	NIORO DU RIP	1,45	14,12	TILLABERY
-15,60	11,87	BISSAU AIRPORT	1,82	13,92	DARGOL
-15,56	13,48	JENOI	2,26	14,31	OUALLAM
-15,48	11,60	BOLAMA	2,17	13,48	NIAMEY AERO
-14,67	12,17	BAFATA	2,35	13,09	SAY
-15,12	15,38	LINGUERE	2,90	13,08	BIRNI N'GAOURE
-15,95	18,10	NOUACKCHOTT	3,45	11,88	GAYA
-14,97	12,88	KOLDA	3,32	14,35	FILINGUE
-14,93	16,65	PODOR	5,28	13,80	BIRNI NKONNI
-14,90	13,55	SAPU	5,25	14,47	ILLELA
-14,77	13,53	GEORGETOWN	5,30	14,90	TAHOUA
-14,68	17,53	BOUTILIMIT	5,77	14,77	KEITA
-14,67	12,17	BAFATA	6,75	14,52	DAKORO
-14,22	13,32	BASSE MTO	7,08	13,47	MARADI AERO
-14,10	13,15	VELINGARA CAS	7,66	13,94	MAHAYI
-13,68	13,77	TAMBACOUNDA	8,97	13,80	ZINDER AERO
-13,25	15,63	MATAM	8,90	12,98	MAGARIA
-13,50	16,15	KAEDI	10,30	13,98	GOURE
-12,47	14,90	BAKEL	11,98	13,23	MAINE SOROA
-12,35	17,93	MOUDJERIA	13,19	14,24	N'GUIGMI
-12,22	12,57	KEDOUGOU	15,03	12,13	NDJAMENA
-12,17	15,23	SELIBABY	15,32	14,12	MAO
-11,35	12,80	KENIEBA	15,37	10,58	BONGOR
-11,43	14,43	KAYES	15,55	10,92	GUELENDENG
-11,40	16,63	KIFFA	16,07	8,62	MOUNDOU
-9,45	13,07	KITA	18,38	9,15	SARH
-9,35	15,23	NIORO DU SAHEL	18,45	12,13	DADOUAR
-9,60	16,70	AIOUN	18,68	12,18	MONGO
-7,45	13,55	BANAMBA	18,97	12,20	BARO
-9,42	15,80	KOUBENI	20,28	11,03	AM TIMAN
-7,95	12,53	BAMAKO SENOU	20,85	13,85	ABECHE
-7,93	12,65	SOTUBA			
-7,53	12,93	KATIBOUGOU			
-7,50	11,42	BOUGOUNI			
-7,27	16,60	NEMA			
-7,22	16,10	AMOURJ			
-6,15	13,40	SEGOU			
-5,68	11,35	SIKASSO			
-5,47	12,40	KOUTIALA			
-4,10	14,52	MOPTI			
-4,90	13,28	SAN			

- 5 -

**LES TRAVAUX DE RECHERCHE AGROCLIMATOLOGIQUE  
MENES PAR LES RECHERCHES AGRONOMIQUES  
DANS LES DIFFERENTS PAYS**

L'objectif du projet ESPACE est double. D'une part, renforcer les liaisons entre l'agronomie et l'agrométéorologie en invitant les différentes équipes à participer au suivi d'hivernage et à l'élaboration du Diagnostic Hydrique Cultural, d'autre part à susciter la réalisation de recherches ponctuelles, finalisées visant à améliorer nos connaissances sur le fonctionnement hydrique des cultures en milieu paysan.

### **5.1. LE SENEGAL**

Les recherches en cours portent sur deux domaines agroclimatologiques relatifs d'une part, à la période précédant le semis, période au cours de laquelle le sol est nu, et, d'autre part, à l'identification des deux principales composantes de l'ETR, à savoir l'évaporation liée au régime d'humectation du sol et la transpiration sensu stricto caractérisant l'activité d'extraction racinaire de la plante.

#### **5.1.1. La mesure de l'évaporation du sol nu au CNRA de Bambey**

L'essai mis en place en 1986 a pour objectif de quantifier l'évaporation du sol au cours des périodes précédant le semis, en prenant en considération le régime pluviométrique caractérisant l'installation de l'hivernage.

Trois scénari de fréquence des pluies sont expérimentés :

- Pluie de 20 mm suivie de 20 jours secs,
- Deux pluies de 10 mm suivis par 10 jours secs,
- Quatre pluies de 5 mm séparées par 5 jours secs.

Le dispositif est constitué de trois parcelles de 16 m<sup>2</sup>, chaque parcelle étant divisée en deux demi-parcelles une partie subissant un binage, l'autre restant à l'état naturel.

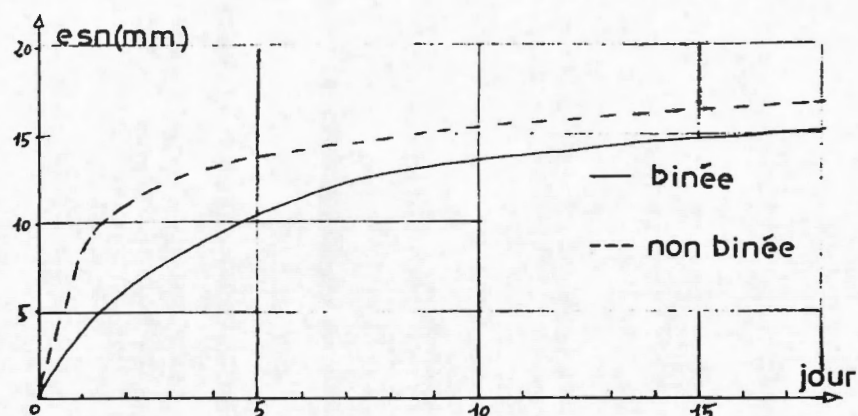
### **Les résultats**

L'influence du binage sur la conservation de l'eau dans le sol, durant les jours succédant l'apport d'eau est d'autant plus significative que l'apport initial a été important.

Au bout de 5 jours, l'apport initial de 5 mm est entièrement évaporé. Après 20 jours, le stock résiduel correspondant à l'apport initial de 20 mm est évalué à 5 mm pour la parcelle binée et 3,5 mm pour la parcelle naturelle.

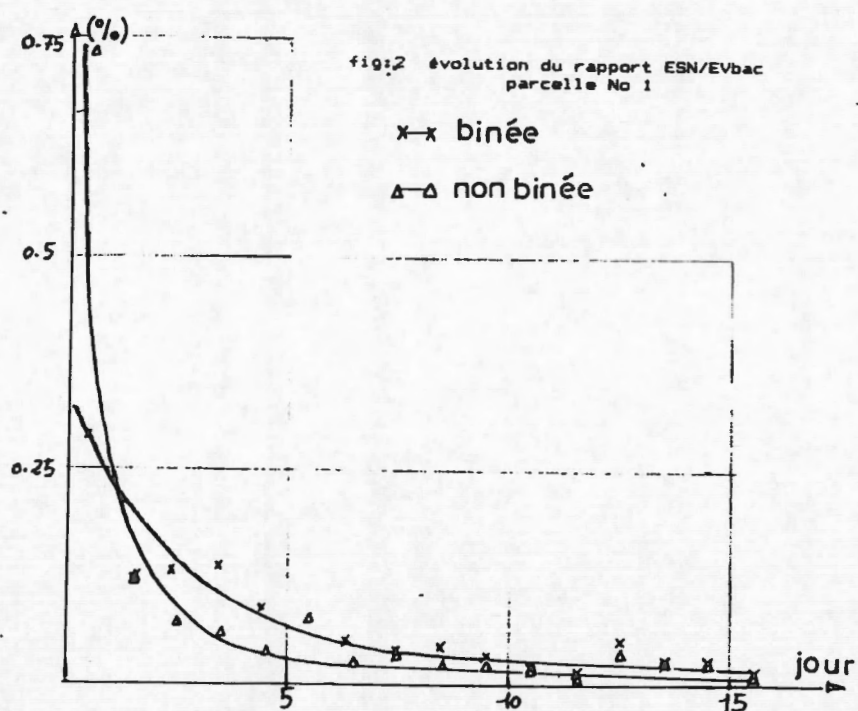


Mise en évidence in situ de l'évaporation du sol nu en fonction du régime d'humectation et de l'état de surface.



Régime cumulé pour un apport de 20 mm tous les 4 jours.

Evolution du ratio Ev Sol nu / Ev Bac A.



Il a ainsi été possible de proposer les premiers ajustements de lois d'évaporation sol nu, tenant compte de l'état de surface du sol :

Pour les parcelles binées, des cinétiques lentes ont été mises en évidence :

<u>Pluie</u>	<u>loi ajustée</u>
20 mm	$y = 21.2 \text{ EXP } (-0,166 \text{ t}) \quad r = 0,936$
10 mm	$y = 33.7 \text{ EXP } (-0,452 \text{ t}) \quad r = 0,99$
5 mm	$y = 18.9 \text{ EXP } (-0,651 \text{ t}) \quad r = 0,989$

Pour les parcelles à l'état naturel, une cinétique rapide durant 4 à 5 jours est suivie par une cinétique lente.

<u>Pluie</u>	<u>cinétique rapide</u>	<u>cinétique lente</u>
20 mm	$129.5 \text{ EXP } (-1,073 \text{ t})$ $r = 0,96$	$y = 3.54 \text{ EX } (-0,036 \text{ t})$ $r = 0,63$

Sur le plan opérationnel, il pourrait être proposé d'améliorer la modélisation du bilan hydrique en intégrant une subroutine SOLNU utilisant ces premières estimations. Des essais calibration devraient être entrepris dès l'année 1989 tant au CNRA Bambeu qu'au centre CIRAD de Montpellier.

### 5.1.2. Evaporation et transpiration d'une culture de mil

En 1988, un essai d'évaluation des composantes de l'évapotranspiration ETR, réparties en fractions Evaporation et Transpiration a été mis en place sur une culture de mil.

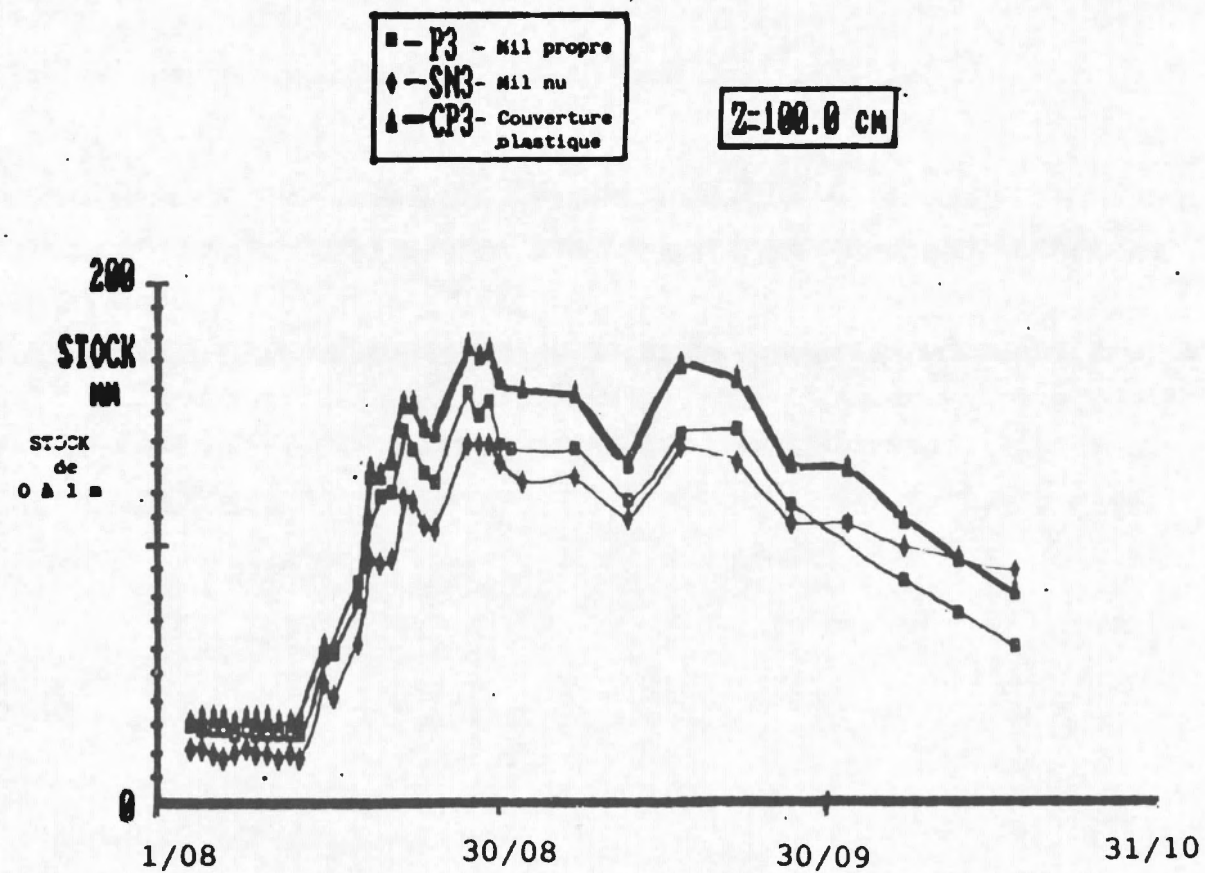
$$\text{ETR (culture)} = \text{EVAPO (sol nu)} + \text{Transpiration (plante)}$$

Trois traitements principaux : mil bien sarclé, sol nu et mil semé sous parcelle bâchée ont permis d'évaluer trois régimes hydriques caractéristiques. Il a ainsi été possible d'évaluer la part de l'évaporation sol nu dans l'évapotranspiration au cours des vingt premiers jours de culture.

$$\text{ESN} = 0,67 \times \text{ETR}$$

Sous couverture plastique, l'humidité relative du sol dans la trache racinaire demeure supérieure au traitement Mil bien sarclé jusqu'à un mètre de profondeur.

Influence de l'évaporation du sol sur l'évolution du stock  
hydrique: estimation du ratio Transpiration /Evapotranspiration.  
(ISRA CNRA Bambey ,projet Espace 1988).



L'interprétation définitive des mesures effectuées à la sonde à neutron ne pourra être réalisée qu'après une seconde campagne de mesure (1989) qui permettra de confirmer la décomposition de l'ETR en transpiration et évaporation. Au vu des premiers résultats de la campagne 1988, le ratio Transpiration/ETR devrait s'établir, selon la qualité du développement de la culture dans une fourchette de 30 à 50 %.

Cet essai, qui sera poursuivi en 1989 et 1990 permettra d'améliorer la modélisation du bilan hydrique en proposant de mieux caractériser la fonction ETR et sa contribution (transpiration) à l'élaboration du rendement, en fonction de diverses hypothèses de couverture du sol par la culture. On notera qu'en situation de peuplement maximal, au moment des phases de reproduction, la fonction transpiration tend vers la limite :

$$\text{TRANSPIRATION} \rightarrow 0,95 \text{ ETR}$$

## 5.2. LE MALI

Les recherches portent sur l'analyse du fonctionnement hydrique d'une toposéquence cultivée en mil et sorgho. Depuis 1987 le suivi hydrique in situ, les observations phénologiques sont assurés sur des parcelles de référence.

### 5.2.1. La prise en compte du ruissellement

L'observation des conditions de levée des cultures semées sur les premières pluies montre que le ruissellement constitue un facteur primordial dont il faut tenir compte dans la caractérisation du bilan hydrique.

La formule de ruissellement proposée par CAZENAVE et al de l'ORSTOM a été testée. Tenant compte de la qualité de surface plus ou moins dégradée, l'évaluation de la lame ruisselée prend en considération l'état d'humectation du sol :

$$LR = A \times Pu + B \times IK + C \times PU \times IK + D$$

IK = Indice d'antériorité des pluies,

PU = pluies

A, B, C, D = coefficients déterminés pour chaque type d'état de surface.

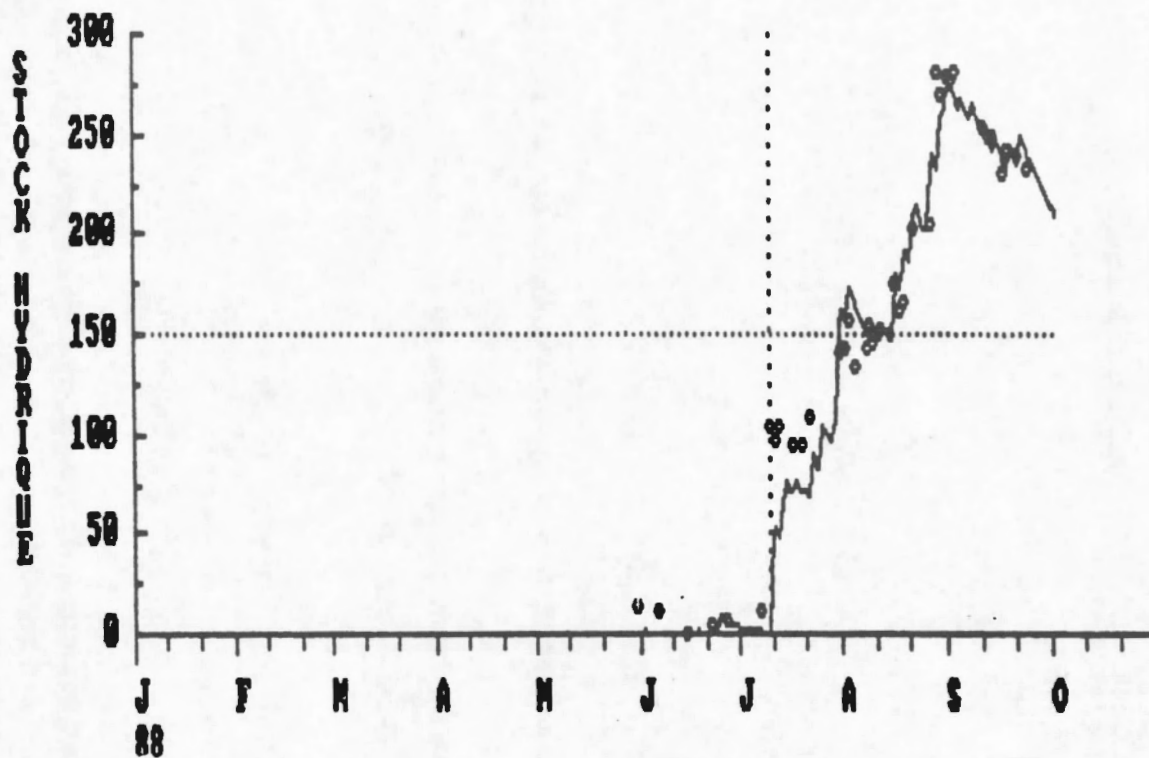
### 5.2.2. La prise en compte de l'évaporation du sol nu en début de cycle

Procédant selon le même mode de raisonnement que celui pratiqué au Mali, il a été procédé à la mise au point d'un algorithme simple de calcul permettant d'évaluer les pertes d'évaporation du sol au cours des jours succédant aux pluies.

L'intégration de ces deux sous-programmes dans le modèle de bilan hydrique, BIPODE calculé au pas de temps journalier, dans le cas du Mali, permet d'améliorer très sensiblement la calibration des résultats lorsque l'on compare les valeurs des stocks simulés aux valeurs mesurées in situ.

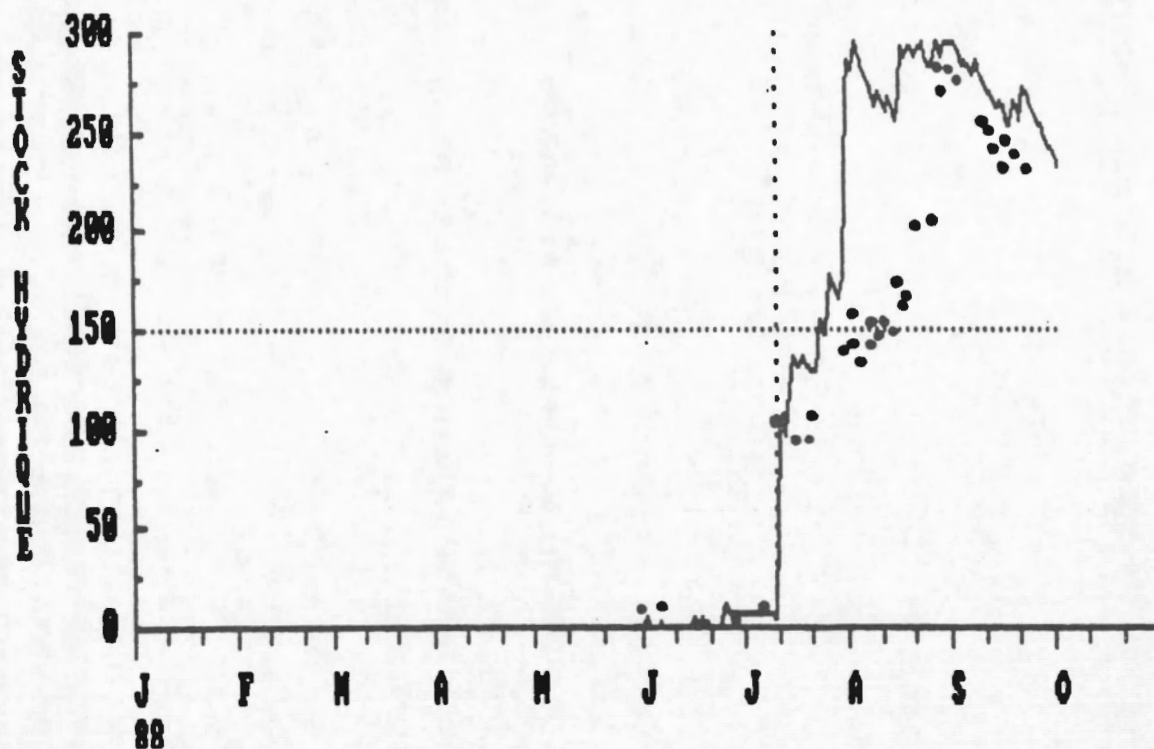


Calage du modèle journalier Bipode par prise en compte de la  
formule de ruissellement tenant compte de l'état de surface.  
Projet ESPACE IER Mali, 1988.



Comparaison des estimations simulées aux mesures in situ  
(Espace Mali 1988 ,Kassella,projet sol eau plante IER).

Evolution du stock hydrique sans prise en compte du ruissellement



Il a par suite été recommandé, à l'unanimité, à ce que ces deux phénomènes puissent être pris en compte dans les versions futures du modèle de Diagnostic Hydrique des Cultures utilisé au Centre AGRHYMET.

Le suivi in situ sera poursuivi en 1989 et 1990 sur le terrain de Kassella en vue de confirmer la validité des hypothèses de simulation retenues.

### **5.2.3. Expérimentation des techniques agrométéorologiques de recommandation et avertissement agricole**

Dans le but de concevoir une méthodologie agrométéorologie propre à aider l'ensemble des agriculteurs à conduire rationnellement leurs activités agricoles, des projets pilotes ont été mis en oeuvre par le service agrométéorologique du Mali dans deux secteurs du pays.

A Bancoumana, le projet après une phase expérimentale de 1982 à 1986, a élargi l'expérience à 45 puis 135 agriculteurs en 1987 et 1988.

Les premières évaluations mettent en évidence un gain net de production chez les agriculteurs appliquant les thèmes liés à la date de semis et aux périodes de sarclage.

En vue d'affiner les résultats, une seconde opération, basée sur le secteur de Banamba a été mise en place en 1987. Le dispositif de suivi comprend un bloc de parcelles dites traditionnelles (avec et sans engrais) et un bloc dit "expérimental" composé de 2 sous parcelles.

L'ensemble des informations est analysé et interprété tous les 3, 13, 23 de chaque mois. Les directives sur lesquelles relatives à l'optimisation de la valorisation de l'eau portent sur le Conseil en vue de la réalisation à la date optimale des opérations de labour, semis, sarclage, apport d'engrais.

La constitution d'un référentiel reliant les pratiques culturales, le calendrier précis d'intervention, et le suivi hydrique des cultures devrait autoriser à moyen terme une meilleure compréhension des relations entre le risque climatique, l'intervention du paysan, et le rendement.

### **5.3. LE BURKINA FASO**

Les travaux sur les coefficients culturaux du sorgho réalisés à la station de SARIA confirment les hypothèses proposées par l'IRAT tendant à démontrer la relation, à durée de cycle égale, entre la valeur des Kc et la latitude du lieu : pour les zones soudano-sahéliennes :

<u>SITE</u>	<u>LATITUDE</u>	<u>Kc moyen</u>	<u>CYCLE</u>
BAMBEY	14°42	0,76	110/120 j
TARNA	13°28	0,95	110/120 j
SARIA	12°16	0,99	110/120 j

Ces résultats confirment la nécessité de proposer une méthode robuste de généralisation des kc à l'échelle de la sous-région (cf. chapitres suivants).

#### **5.4. LA COTE D'IVOIRE : ZONE CENTRE ET NORD**

Afin d'assurer une bonne coordination des recherches au niveau de la zone soudanienne, il était intéressant de faire le point sur les travaux agroclimatologiques menés par l'équipe de l'IDESSA à Bouaké.

##### **- Le calage du riz pluvial et du cotonnier dans la région centre**

Les analyses du bilan hydrique pour les années récentes montrent que le risque climatique est trop élevé si l'on veut faire succéder sur la même parcelle, une culture de riz et une culture de coton.

La recommandation agrométéorologique est par suite différente selon que l'on propose un objectif vivrier (le riz) ou un objectif monétaire (le coton).

OBJECTIF	S E M I S		RENDEMENT ESPERE	
	riz	coton	riz	coton
vivrier	15/04	15/08	2 t/ha	0,8 t/ha
monétaire	10/03	10/07	1,4 t/ha	2 t

Sur le plan agronomique, il est alors conseillé de pratiquer ces cultures sur 2 parcelles différentes. Cet exemple illustre bien les capacités de la modélisation agroclimatologique à conseiller les acteurs du développement, et ce, à une échelle agroéconomique sensible.

#### **5.5. LA MAURITANIE**

##### **5.5.1. La pluviométrie**

Les études ont porté sur l'évolution de la pluviométrie en comparant la normale 1941-1970 à la normale 1951-1980. Il apparaît un tassement des isohyètes d'autant plus important que l'on situe à l'Ouest sous l'influence des régimes des alizés.

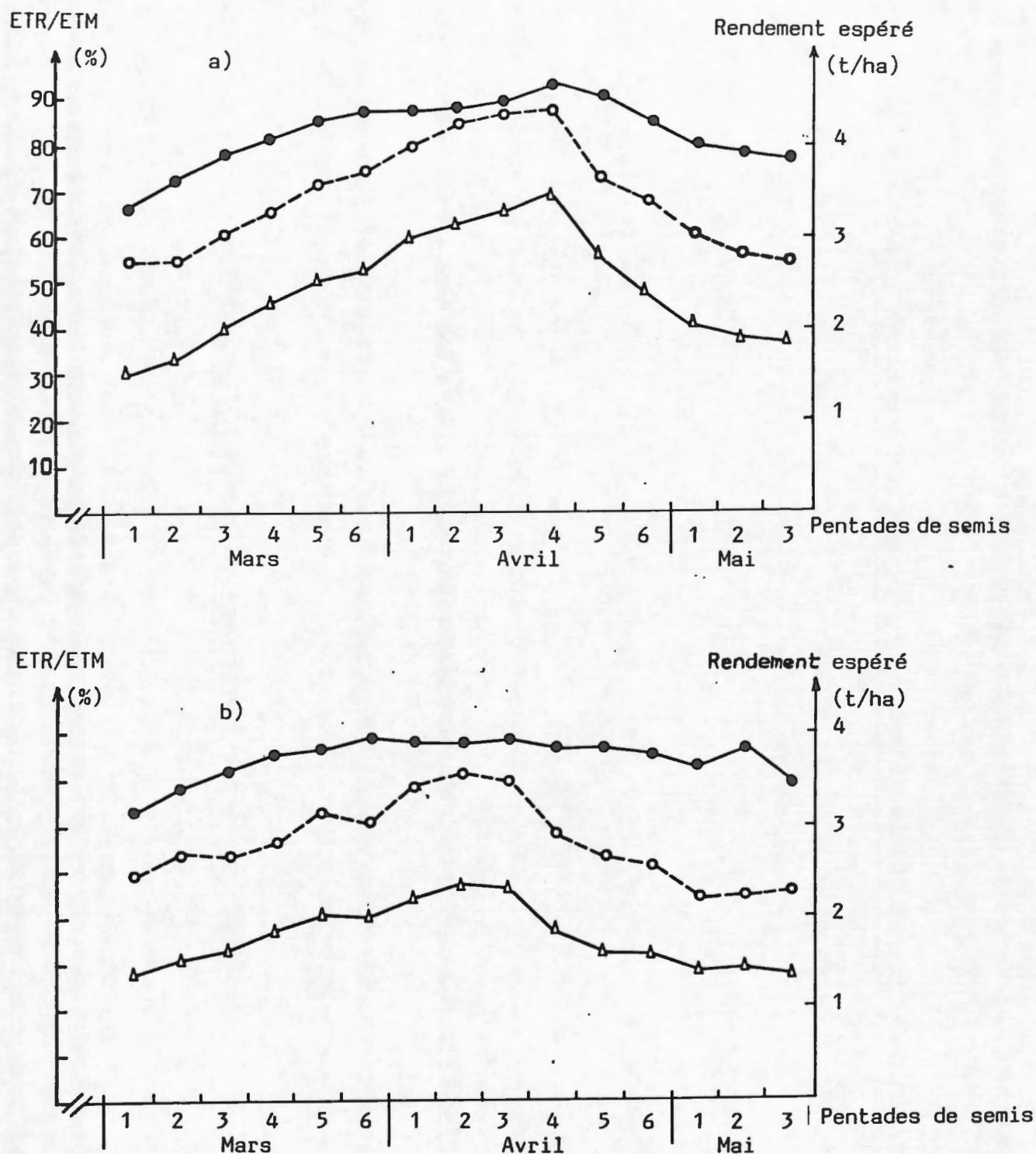
Une étude spatiale des résultats montrent que l'isohyète 100 mm s'est déplacé de 100 à 120 km vers le Sud entre 1970 et 1980.

##### **5.5.2. Les dates de pluie favorable au semis**

En considérant qu'une pluie d'au moins 20 mm suivie par une autre pluie au plus tard 5 jours après constitue un critère agroclimatique acceptable pour réaliser une étude statistique a priori, il a été possible d'établir un référentiel pour 9 stations principales du pays.

Un nomogramme décrivant fréquemment la date au plus tard d'arrivée des pluies favorables au semis a ainsi été établi pour ces stations.

Utilisation du bilan hydrique simulé pour l'identification de la date optimale de semis du riz pluvial (Centre Cote d'Ivoire).



**Fig. 4 : CALAGE D'UN RIZ PLUVIAL DE 120 JOURS**

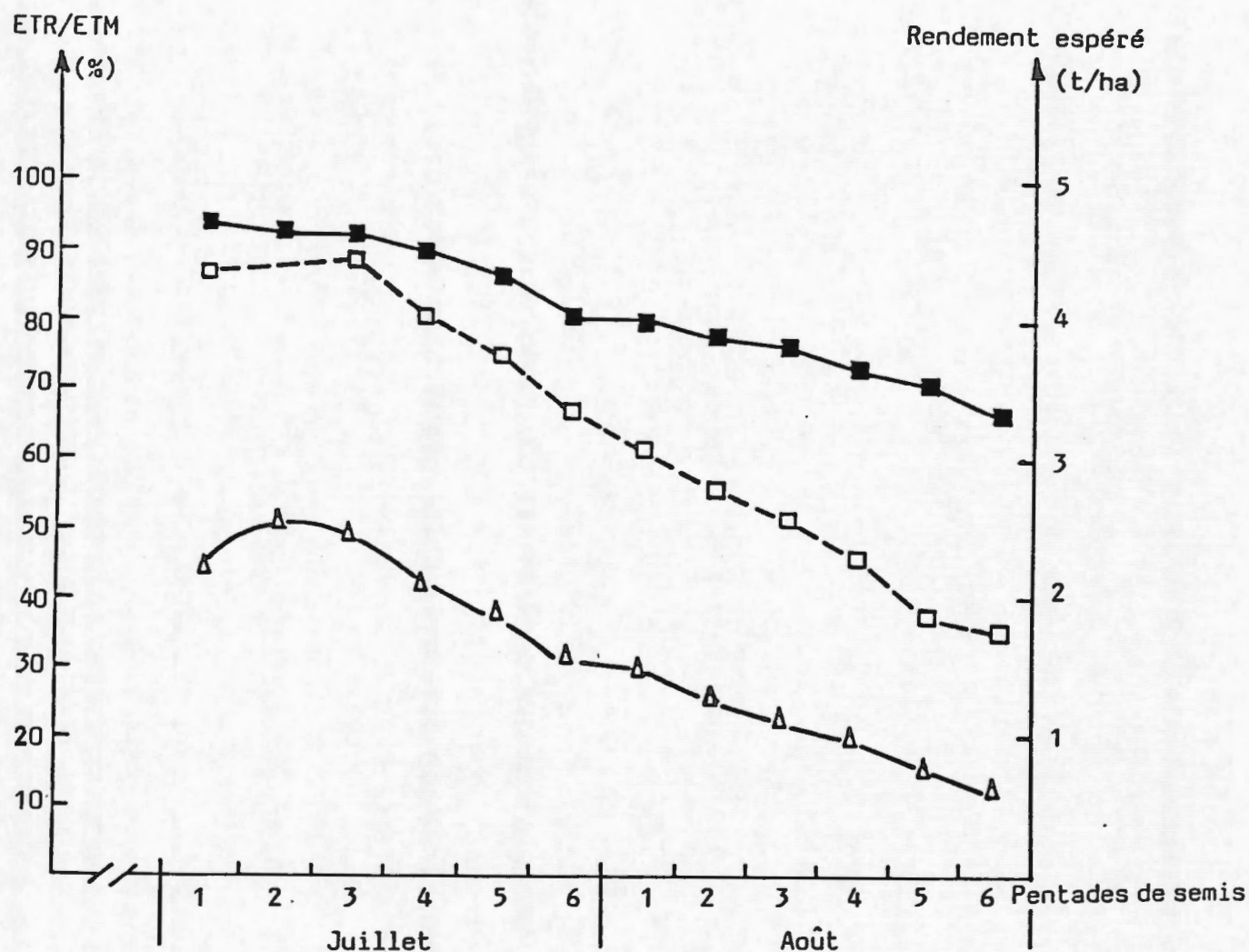
**A YAMOUSSOUKRO SUR LA BASE DES HYPOTHESES SUIVANTES:**

- Potentiel de production : 4,2 t/ha
- probabilité : 1 année sur 2 (0,5)
- Réserve facilement utilisable : a) cas d'une RFU de 70 mm  
b) cas d'une RFU de 40 mm

- ETR/ETM moyen du cycle
- ETR/ETM de la phase sensible
- ▲—▲ Rendement espéré



Influence de la date de semis sur le rendement espéré du Coton en zone Centre cote d'Ivoire.



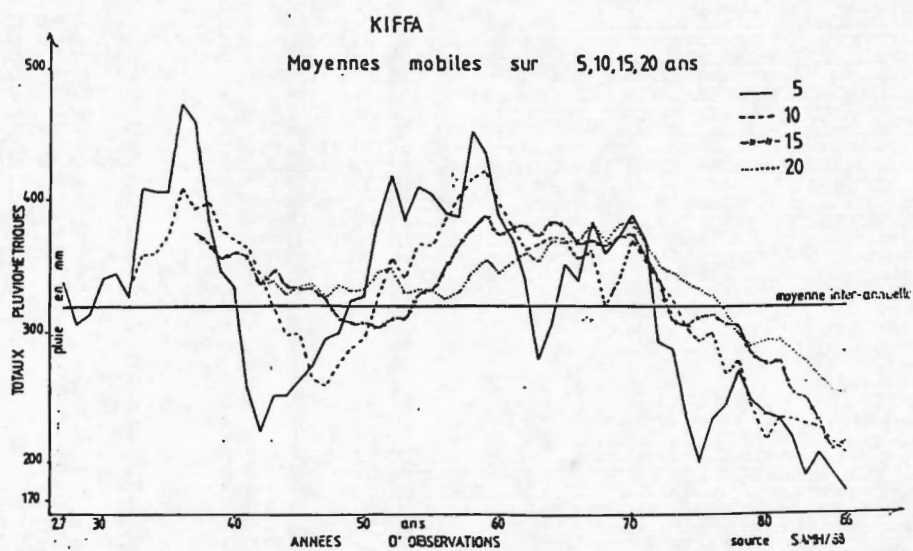
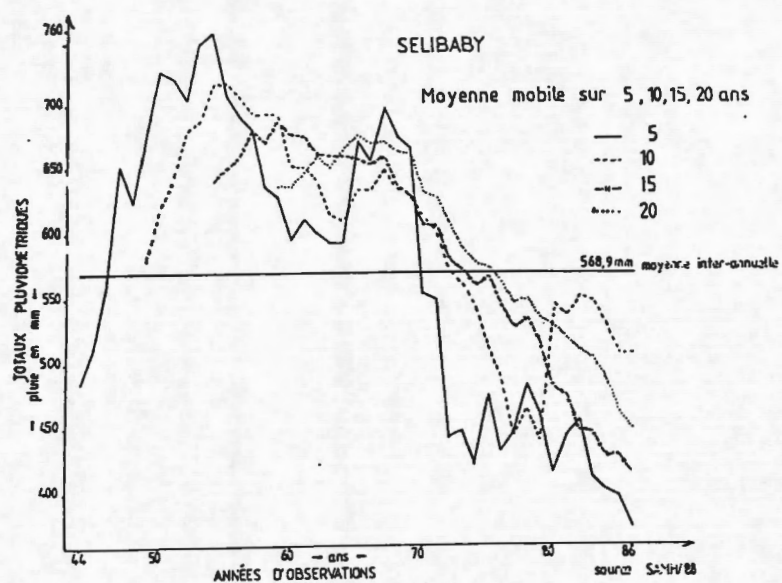
**Fig. 3 : CALAGE D'UN COTONNIER DE 135 JOURS DE CYCLE VEGETATIF  
A YAMOUSSOUKRO SUR LA BASE DES HYPOTHESES SUIVANTES:**

- Potentiel de production : 3 t/ha
- Probabilité : 0,5
- Réserve facilement utilisable : 70 mm

■ — ■ ETR/ETM moyen du cycle  
 □ — — □ ETR/ETM de la phase sensible  
 ▲ — ▲ Rendement espéré



# Evolution de la pluviométrie pour deux stations de Mauritanie.



L'expérience et le suivi sur le terrain montrent que le semis au niveau fréquentiel 60 % est susceptible de réussir si des pratiques culturales appropriées sont exécutées : labour en profondeur, (réduction du ruissellement et de l'évaporation sol nu) si possible en sec.

### 5.5.3. Le zonage

A partir de la description des caractéristiques statistiques et agroclimatiques de l'installation de l'hivernage et du régime des pluies lui succédant, il est proposé une répartition des potentialités agroclimatiques en 5 zones.

	<u>PLUVIO</u>	<u>CULTURES</u>	<u>CYCLE PLUVIAL</u>
ZONE I	0 - 50 mm	quelques plantes pérennes	0
II	51 - 150 mm	pâturages éphémères + petits barrages	0
III	151 - 250 mm	cultures de décrue pâturages	50 j
IV	251 - 350 mm	culture de dune, bas fond décru et aval barrage	90 j
V	351	dune + décrue risque asphyxié en bas fond	90 - 110 j



## 5.6 Le point sur la méthodologie ESPACE et les perspectives d'amélioration de la modélisation du bilan hydrique.

### 1/ Le contexte

Les relations entre les termes du bilan hydrique proposé par IRAT et le rendement ont été validées pour les principales cultures, à travers la méthodologie neutronique in situ.

On dispose d'un référentiel rendement /bilan hydrique validé pour un grand nombre de cultures tropicales: riz pluvial, mil, sorghos, maïs arachide, niébé. Celui-ci a été obtenu dans un environnement agropédologique favorable. Il autorise la réalisation de zonages de potentialités agricoles pour les agriculteurs appliquant les termes de la recherche.

En vue d'atteindre les objectifs du programme AGRHYMET le projet ESPACE devait s'interroger sur les solutions permettant de proposer une modélisation plus adaptée.

### 2/ Les relations sol plante atmosphère

#### 21/La demande évaporative

Le choix de l'ETP comme référentiel régional s'impose en raison de sa meilleure représentativité et de sa facilité de mesure grâce aux stations climatiques automatiques.

L'évaporation BAC A demeure toutefois un outil pratique pour l'estimation des besoins en eau à la parcelle. On dispose ainsi de la base de données IRAT de Claude Dancette et collègues à partir de laquelle une généralisation a été proposée:

#### 22/Les coefficients cultureux régionalisés: méthode de la latitude.

Proposée par Fréteaud et al et actuellement utilisée par le projet ESPACE, cette méthode est basée sur les observations suivantes:

Les coefficients cultureux ont été mesurés en condition d'humectation du sol quasiment permanentes. En régions arides Sahéliennes, ils surestiment le régime ETRM de la parcelle.

Une analyse fine de la distribution des valeurs des  $k'c$  en fonction de la latitude (effet pluie) montre effectivement une régression négative avec celle ci:

Exemple du  $K'c$  min de début de cycle:

$$K'c = 1,48 - 0.076 \text{ LAT} \quad R=0.85$$

Ce résultat montre que le  $k'c$  intègre bien l'effet régime des pluies entraînant une évaporation de luxe. Il convient donc d'en tenir compte et ainsi d'éviter d'utiliser les memes valeurs depuis le Sahel jusqu'à la zone cotonnière...

### 23/ Référentiel $k'c$ /etp ou $k'c$ /eva ?

En situation d'hivernage, les comparaisons menées au Sénégal (Dancette et al ), au Burkina Faso (Ouedraogo et Baldy) au Mali (Konaté et Forest)...montrent une convergence des valeurs tp et eva lorsque l'humidité relative moyenne se situe vers 70 %. Dans le cas du DHC, on peut admettre que l'utilisation de la base régionalisée des  $k'c$  combinée à l'ETP décadaire est acceptable sous deux réserves:

disposer d'une fonction évaporation sol nu fiable pour la période de transition d'arrivée des premières pluies.

Associer au référentiel  $k'c$ (latitude) une base ETP décadaire régionalisée, si possible calée sur les coordonnées géographiques

### 24/ L'évaporation du sol nu avant semis

Les paysans ne sèment pratiquement jamais sur la première pluie. Ils sèment soit en sec (mil), soit ils attendent que l'humectation du sol soit suffisante tout en opérant quelques facons culturales (grattages...).

Au cours de cette période, une partie de l'eau infiltrée est reprise par évaporation. Au Sénégal Cortier et al ont mené des travaux préliminaires montrant une fonction de type exponentielle décroissante sensible à la modalité binage ou non:

sur pluies de 10 mm tous les 5 jours

sol sableux biné :	ESN = 33,7 exp(-0,452) r=0,90
" " non biné :	ESN = 18,8 exp(-0,400) r=0.91

Ces résultats confirment le modèle proposé par RITCHIE.

Au Mali, Vaksman et al proposent le calcul journalier de la fonction d'Eaglemann pour un réservoir "atmosphérique" de 10 cm de profondeur comparé à celui réalisé sur la profondeur totale d'humectation. Le modèle retenant la valeur maxi obtenue avec les deux calculs.

Cette seconde méthode aurait l'avantage de pouvoir être facilement paramétrée en fonction des pratiques culturales en proposant une épaisseur variable au réservoir atmosphérique.

## 25/ Le ruissellement

Les premières versions des modèles BIP proposent une caractérisation grossière en demandant une estimation d'un seuil de déclenchement ainsi qu'un coefficient d'écoulement. Basé sur les premières analyses en parcelles de Wishmeyer, cet algorithme n'est pas représentatif des conditions réelles d'hivernage lorsque celui-ci est pluvieux. Il fonctionne toutefois correctement en situations sahéliennes où les jours de pluies sont espacés comme sur le terroir de Kassela en 1987 où C Houziaux l'a utilisé avec succès.

Les formules proposées par Casenave et Valentin de l'Orstom tiennent compte de la qualité de l'état de surface et du régime antérieur des pluies. Avec l'hivernage très pluvieux à Kassela en 1988, cette approche a donné d'excellents résultats (V Rousseau et al )

Il est proposé d'intégrer ces formules dans la version "paysanale" du modèle de bilan hydrique et d'en valider l'usage dans le cadre des actions ESPACE 1989.

sol peu dégradé :	$L_{ruiss} = 0,2 P + 0,03 IK + 0,04 P \times IK - 3$
très " " :	$L_{ruiss} = 0,35 P + 0,04 IK + 0,04 P \times IK - 4$

L'avantage de cette approche est de pouvoir prendre en compte les modalités de gestion agronomique de la parcelle qui en définitive, révèlent cet état de dégradation, lui même lié à une position particulière sur la toposéquence comme l'ont montré Angé, puis Ruelle au Sine Saloum au Sénégal.

## Les relations eau sol racine à l'échelle de la parcelle paysanale

### 31/ Les bases conceptuelles

Différents travaux ont largement mis en évidence les principaux facteurs intervenant sur le fonctionnement hydrique de la plante.

La formule définissant l'évapotranspiration critique de la plante permet de raisonner des propositions d'amélioration de la modélisation de l'ETR.

$$\text{ETR}_{\text{critique}} = \frac{(\psi(f) - \psi(s))}{K_1 + K_2 (k_L / X M)} \quad (\text{cf Chamayou et al})$$

Le seuil de transpiration est d'autant plus élevé que le système sol/racine sera caractérisé par:

une pression de succion du sol faible  $\psi(s)$   
(soit la capacité de rétention)  
Une résistance à l'écoulement de l'eau faible  
sur le trajet eau - racine .Celle ci est obtenue

en :

- obtenant des petits agrégats (L petit)
- " " une conductivité hydraulique élevée (X)

et surtout:

- en garantissant une masse maximale de sol colonisée par les racines (M)

### 32/ Conséquences pour la modélisation.

#### 321/ La consommation de la culture en régime ETM

L'eau n'étant pas le facteur limitant, le facteur M, masse de sol colonisée par les racines à l'échelle du champ est déterminant

L'effet densité

Le paramètre densité de peuplement varie avec la densité de semis qui conditionne le taux de couverture.

Logiquement ce paramètre M devrait jouer sur la détermination des coefficients cultureux.



En conditions de bonne fertilité, il a été montré, pour les céréales une excellente capacité de récupération (Chopart et al) et une relative indépendance des valeurs des Kc lorsque la densité varie de 8 à 80 plants au m<sup>2</sup>.

Dans le cas des parcelles fertilisées, intensifiées, le référentiel IRAT régionalisé est par construction adapté.

En milieu paysan (non fertilisé), l'effet densité joue par contre d'une manière déterminante.

A Kassela, en 1987, le suivi hydrique des cultures sur trois parcelles réparties sur une toposéquence a montré qu'il fallait prendre en compte des coefficients culturaux pondérés.

Il a été noté que le facteur densité était en fait directement conditionné par le facteur fertilité (état de surface, pas d'engrais ni de matière organique).

Le suivi hydrique des parcelles en 1988, campagne très humide (cf vaksman et al Espace/IER) confirme la nécessité de pondérer l'ETM en milieu paysan non intensifié.

A Koneberi (Niger), Imbernon et Feugier ont soulevé le même problème en notant une surestimation de 20% des besoins en eau en simulant le bilan à partir du référentiel IRAT. En 1989, des mesures précises de la LAI permettront de confirmer l'effet de la densité sur les Kc en conditions de faible fertilité.

### 322/ L'humidité du sol déterminant psi(s) en régime ETR

Il est nécessaire d'identifier les paramètres agronomiques qui, à l'échelle de la parcelle cultivée, conditionnent le régime d'évapotranspiration, en particulier le seuil ETRcritique en période d'assèchement du profil.

Pour un sol donné, on sait déjà définir la notion de réserve utile moyenne liée à la texture (argile limon) et calculer avec la fonction d'eaglemann l'humidité disponible pour les racines. Le modèle de base BIP utilise cette approche en considérant que la réserve utile racinaire RUR suit le front d'humectation :

$$HR(t) = \frac{P(t) + RS(t-1)}{\max_3 (P+rs) \text{ pour l'intervalle } 1, t}$$

avec ensuite  $ETR = f(ETP, HR)$

et  $RU_{max}$  limite du dénominateur fonction du sol autorisant une profondeur racinaire maxi vraisemblable

SOL	RU max	profondeur max
sableux type dieri	40 mm	100 cm
sablo argileux	70-80	100
argilo sableux	12à	100
gravillonnaire	50	70
argileux lourd	100	50

Cette méthode considère que la dynamique racinaire est non limitante en début de cycle. Plusieurs travaux ont montré que celle ci était déterminante et devait être prise en compte dans la modélisation (Chopart, Siband, Poss...)

Ainsi Dancette, en 1974 a mesuré in situ l'ETR d'une culture de mil implantée avec la même densité de 10 000 poquets/ha sur une parcelle "fertile de station" et une parcelle "dégradée" paysannale située au voisinage immédiat.

Les observations méritent réflexion et doivent contribuer à mieux comprendre le rôle de la fertilité du sol sur le développement (racinaire et externe) de la culture:

	Station	Paysan
ETR (M)	416 mm	219 mm
MST	9700 kg/ha	5600 kg/ha
ETM (Modèle)	420 mm	

Obtenus en année à pluviosité idéale, l'ETR de la parcelle en station avoisine l'ETM calculé par le modèle. En raison d'une densité identique au départ, la différence des régimes ETR peut être, par hypothèse, reliée à la différence d'activité racinaire, qui induit des ETR d'autant plus faibles que la densité racinaire moyenne à l'échelle du champ est plus faible. Ce mécanisme a d'ailleurs été démontré par Cowan en 1965.

On notera que l'effet de réduction de l'ETR porte sur un abattement de 50 % qui ne peut être expliqué que par une modification profonde du régime ETR. A ce niveau le rôle du facteur M, masse de sol colonisée par les racines doit être invoqué.

### 33/ Le concept d'activité racinaire lié à l'intensification.

Au cours de son développement la plante développe plus ou moins son système racinaire.

Il a été démontré (Poss et al) que la vitesse de descente des racines conditionnait la valeur de la réserve utile racinaire  $RUR(t)$  et par suite le régime ETR. Mise en évidence pour le maïs, plante qui ne talle pas et qui est semée à forte densité, cette dynamique existe aussi pour les autres cultures en particulier pour les céréales.

Ainsi pour le mil, Cissé, dans le cadre de sa thèse a montré une relation entre l'ETR, le développement racinaire et le drainage en profondeur. L'activité racinaire exprimée en aptitude pour l'enracinement à se développer et extraire l'eau dans une tranche de sol donné a ainsi été estimée par simulation (Forest et al):

Pratique culturale sol sableux		ETR mm		Drain mm		VAR
		in situ	simul	in situ	simul	simul
Mil						
engrais+ fumier	1983	175	169	65	51	1,5 CM/
engrais seul		123	126	7	12	0,7
e + f	1984	222	223	0	0	1,5
e		185	186	25	28	0,5
e + f	1985	258	265	50	64	1,5
e		245	215	64	109	0,5

Cette première analyse semble confirmer l'intérêt de la prise en compte d'un paramètre activité racinaire intégrant les interactions entre fertilité, densité racinaire et Etr en période d'assèchement du sol. Ce type de paramétrisation a l'avantage de répondre globalement aux interrogations que posait la formulation de l'ETR critique présentée précédemment.

L'algorithme d'Eagleman tenant compte de l'activité racinaire.

### 41/ L'installation de la culture

La fonction réserve utile racinaire est prise en compte en début de cycle en considérant que l'activité racinaire autorise une descente des racines définie par la vitesse racinaire définie en mm/jour.

La limite maxi, si les pluies l'autorise, est donnée par un paramètre profondeur maxi d'enracinement introduit en cm.

Conformément aux résultats de Chopart et Poss, on considère un amortissement de la loi d'enracinement à l'arrivée des phases de reproduction avec une croissance devenant nulle à la phase de maturation.

#### 42/ L'évapotranspiration critique en période d'assèchement

Lorsque le sol devient sec en surface, après plusieurs jours sans pluie la seule possibilité d'extraction hydrique est limitée par la résistance à l'écoulement de l'eau au voisinage des racines sur une distance susceptible d'augmenter avec la durée de la sécheresse. Seule la colonisation marginale des tranches de sol en profondeur, où l'eau est éventuellement présente et utilisable, est susceptible d'assurer la transpiration de survie. Dans cette hypothèse le modèle limite l'ETR journalière à l'extraction de l'eau dans une tranche de sol définie par la vitesse d'activité racinaire.

Cette hypothèse semble rejoindre les observations in situ faites au Sénégal par Dancette et al qui ont identifié une évapotranspiration dite "de survie" de l'ordre de 1,5 mm/jour. Valeur correspondant à un volume de sol de 2 cm d'épaisseur, soit à une vitesse d'activité racinaire de 2cm/jour cohérente avec les observations in situ représentatives d'un sol sableux convenablement fertilisé (station).

#### 43/ Une tentative de validation: le terroir de Kassela au Mali

Dans le cadre du programme ESPACE, le suivi hydrique in situ des cultures sur des parcelles paysanales réparties sur une toposéquence a été entrepris en 1987 et 1988.

Les coefficients cultureux sont pondérés par le facteur 0,8, les vitesses racinaires et profondeur maxi d'enracinement sont déduites des observations au champ:

CHAMP	prof maxi	Var mm/j	eau utile (rétention)	sol	fertilité
Haut	60	3	10 %	dégradé	nulle
Milieu (plat)	90	12	10 %	bon	faible
Bas	130	15	10 %	bon	moyenne

Les résultats de la simulation pour la campagne peu pluvieuse de 1987 ont autorisé une estimation acceptable des rendements espérés, très proches des valeurs observées.



mil sans fumure ETM = 370 mm

1987	Ruiss	Drain	Etr cycle	ETR/ETM pc	rendement	
					simul	réel
Haut	14	89	163	0,35	146	234
Milieu	7	33	275	0,70	985	943
Bas	-80	39	271	0,73	1004	1010

Rappel Rdt espéré = 22 Iresp-200 (mil, sorgho, mali, 0 engrais)  
Iresp = ETR/ETM cycle X ETR/ETM pc

En 1988, les hypothèses de modélisation sont confirmées à l'exception du mode de calcul du ruissellement qui sera dorénavant remplacé par la formule de Casenave et al...

Mil sans fumure : ETM = 365 mm

1988	Ruiss	Drain	Etr cycle	ETR/ETM pc	rendement	
					simul	réel
Haut	67	516	282	0,55	671	
Milieu	33	502	322	0,72	1098	
Bas	(-283)	790	309	0,66	932	

Certaines parcelles fertilisées ont fait l'objet d'un suivi agronomique. Pour une hypothèse de vitesse racinaire égale à 20 mm/jour, le calcul donne une ETM de 464 mm et un rendement espéré de 1560 kg/ha pour une ETR de 374 mm (effet Kc et vitesse racinaire).

Rappel: Rdt espéré = 35 Iresp - 300 (Mil, sorgho fertilisé)

Ces premières observations seront poursuivies non seulement à Kassela mais aussi sur le site de Koporo au Mali, où le bilan hydrique in situ sera mis en place, en 1989 sur parcelles paysanales.

Il est à noter que d'autres dispositifs expérimentaux sont susceptibles de faire avancer la mise au point d'un tel modèle. On citera le projet R3S, "économie de l'eau, techniques culturales" mis en oeuvre par le Cirad avec ses partenaires du Mali, du Sénégal, du Burkina Faso et du Tchad. D'autre part le projet d'ATP IRAT portant sur l'étude du fonctionnement hydrique racinaire avec l'utilisation de la méthode des flux de sève qui permettra de quantifier précisément le mécanisme de transpiration à l'échelle du système plante-sol.

Quelques éléments pour la proposition d'un modèle de diagnostic hydrique pour les systèmes de cultures paysanaux

L'analyse des paramètres du système de culture conditionnant le régime ETR doit conduire à l'élaboration d'une grille de décision permettant, d'une manière globale de quantifier les principaux paramètres en tenant compte des interactions dominantes et représentatives entre facteurs pédoclimatiques, physiques, chimiques et biologiques caractérisant le système eau-sol-racine- plante -atmosphère.

Des premières réflexion conduites par les agronomes et agroclimatologues, il est possible de proposer une première esquisse montrant la hiérarchisation des niveaux de contraintes conduisant à une modélisation appropriée de l'ETR en parcelles paysanales:

Effet des pratiques culturales, de la fertilité sur l'estimation des paramètres d'estimation de l'ETR

Etat de surface	type 1 fonctions	type 2 "lame ruissellée"	Typ3
Profondeur utile Pmax	limitante X en cm	non limitante f(pluies et Vrac)	
ETM ,Kc	densité faible	forte	
FERTILITE faible moyenne à forte	0,8 Kc Kc	Kc Kc	
VITESSE RACINAIRE	en mm/jour et pratique culturale		
	5..travail du sol ..10		
	10.. fertilisation minérale .15		
	15 ..protection herbe et maladies..20		
	2,0.. légumineuse,M O,rotation ...25		
	25..Qualité variétale.....30		

L'intérêt de cette grille et de prendre en compte les facteurs agronomiques ,en tant que pratiques culturales agissant sur le fonctionnement hydrique de la plante à l'échelle des systèmes paysanaux .L'objectif du projet ESPACE, en 1989 et 1990, sera de développer les connaissances sur ces interactions en vue de mettre en point un véritable outil d'aide au diagnostic adapté à l'envergure du programme et des objectifs que s'est vu assigné AGRHYMET.

## 5.7 : L'ATLAS AGROCLIMATOLOGIQUE du SAHEL et son UTILISATION

Les paramètres climatiques figurant dans l'Atlas sont les paramètres pluviométriques et ceux qui servent à calculer l'Evapotranspiration. La pluie est le paramètre le plus mesuré puisqu'on peut dire qu'il y a 10 fois plus de postes pluviométriques que de poste faisant des mesures climatiques.

### 1. LA PLUVIOMETRIE.

Les séries de relevés sont de durées extrêmement variables allant de plus d'un siècle à seulement quelques années. Or compte tenu des fluctuations interannuelles, très importantes, pouvant atteindre un facteur de 2 ou 3 dans les stations en bordure du Sahara, il était indispensables de constituer des séquences de pluies homogènes en durée et couvrant les mêmes années. Ainsi pour une pluviométrie normale de 30 ans la série sera celle de 1951 à 1980 bornes incluses. un décalage de 2 à 3 ans pour certaines stations entraînerait des déformations du champ pluviométrique à représenter. Des années incomplètes ou manquantes provoquent des distorsions souvent importantes ainsi 5 années pluvieuses absentes à Aribinda donnent une normale annuelle de 464 mm alors que la normale d'une série homogène devrait être de 498 mm. Inversement à Tougouri plus au sud ce sont des années sèches qui manquent et la normale est de 654 mm au lieu 640 mm. Cet exemple montre qu'on peut faire une erreur de 50 mm si on ne prend pas soin de travailler avec des séries homogènes dans le temps et en durées. C'est pourquoi le premier travail effectué pour l'Atlas a été de contrôler l'homogénéité des valeurs enregistrées. Ceci a permis de constituer une banque de données opérationnelles pour la pluviométrie du Sahel.

Les pluies sont présentées suivant trois périodes : la période humide 1950-1967, la période sèche 1968-1985 et la période normale 1951-1980. La période sèche est plus longue que la durée retenue et aurait pu être prolongée jusqu'en 1987 mais pour faciliter les comparaisons statistiques il est apparu préférable de prendre de séries de même longueur de 18 ans. Pour chaque période trois tableaux d'analyse statistiques pluviométriques sont présentés soit au pas de temps décadaire, soit au niveau mensuel. Toujours dans le souci d'homogénéité la loi de distribution retenue est la même dans tous les cas : c'est la loi Gamma incomplète. Ceci permet de comparer des fréquences limites sans trop de distorsions. Les tableaux statistiques présentent les seuils de dépassement pour 17 niveaux de probabilités correspondant à des occurrences de 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/10, 1/20, 1/100. les valeurs calculées sont soit indépendantes, soit liées. Les valeurs liées sont celles des décades cumulées, elles autorisent les soustractions d'une décade à l'autre ce qui permet l'obtention des pluies annuelles probables pour différentes fourchettes d'estimations.

### 2. LES AUTRES PARAMETRES CLIMATIQUES.

Couvrant si possible les mêmes périodes il s'agit des températures extrêmes (Maxi et mini), de l'humidité de l'air (Humidité relative et/ou tension de vapeur), de l'insolation et de la vitesse du vent à 2 mètres. Les températures sont des données qui présentent un certain conservatisme et l'absence d'une année ne paraît pas avoir le même effet que pour les pluies sur les moyennes. Le souci de série homogènes est maintenu dans la perspective d'étude des bilans hydriques sur une période suffisamment longue. L'influence du relief sur la température conduit à évaluer le champ thermique au niveau de la mer en faisant les corrections d'altitude pour les quelques stations synoptiques ou climatiques existantes. En effet, ces stations sont à des



altitudes variables et trop peu nombreuses pour traduire valablement les particularités topographiques locales. Bien que les isothermes n'épousent pas exactement les courbes de niveau nous avons choisi de cartographier les températures en corrigeant la grille calculée au niveau de la mer par la grille de altitudes. Le calcul de l'ETP sera fait par station mais la cartographie résultera du calcul de l'ETP pour chaque point de la grille d'interpolation des cartes pour éviter les distorsions dues au relief et l'apparition de gradients mal localisés ou trop importants géographiquement. L'utilisateur pourra ainsi avoir une bonne estimation de l'évapotranspiration puisque nos cartes sont calculées à raison de 16 points par degré carré, soit environ une valeur tous les 25 à 30 kilomètres.

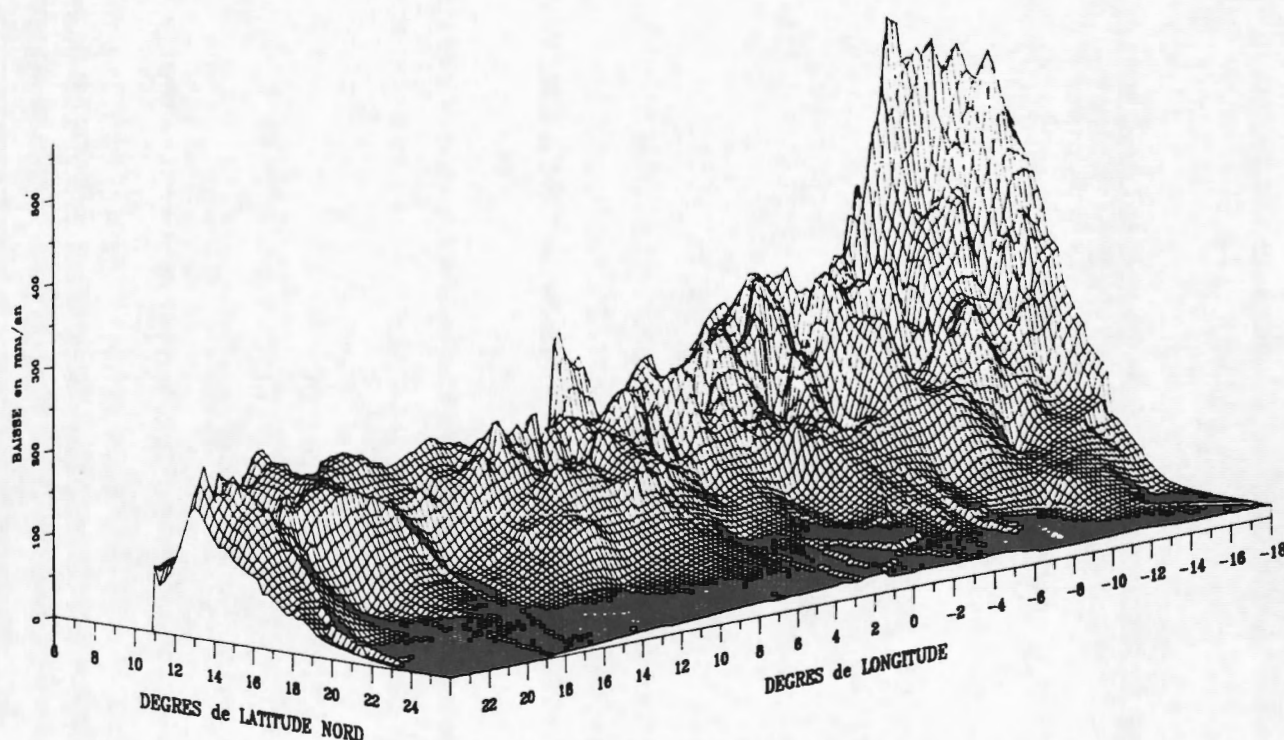


Figure 1. — **PLUVIOMETRIE. COMPARAISON ENTRE PERIODE 1950-1967 ET PERIODE 1968-1985.**

\* Centre Agrhymet. Bp 11011, Niamey, Niger.



- 6 -

## PRESENTATION DU PROJET ESPACE

**6.1. ANTECEDENTS ET OBJECTIFS**

Les produits de la recherche agronomique et climatologique en matière de connaissance des relations entre le rendement des cultures et les conditions de sol et de pluviosité ont atteint un niveau de performance désormais compatible avec une utilisation pratique par l'ensemble des partenaires concernés par le développement rural. La disponibilité de moyens efficaces de calcul micro-informatisés de télécommunication, d'intervention sur les terrains, autorise de plus, leur exploitation, pratiquement en temps réel si des efforts d'organisation et de concertation sont consentis.

Le programme ESPACE se propose de contribuer à relever ce défi en tentant, après 2 campagnes d'essai réalisées en 1986 et 1987 de faire fonctionner, au cours des hivernages 88, 89, 90, un dispositif d'observation et de traitement d'informations agrométéorologiques susceptibles de produire des critères objectifs d'appréciation du risque pluviométrique et de ses effets sur l'espérance de production agricole.

Les informations recueillies permettront de compléter et de renforcer les actions de diagnostic déjà mises en oeuvre par les services tels que :

- statistiques et planifications agricoles,
- cellules de suivi des Ministères techniques,
- groupes et réseaux associés,
- programme CILSS/AGRHYMET et FAO.

Elles leur apporteront un éclairage spécifique, par l'analyse de mécanismes explicatifs du comportement des cultures et la prise en compte de la diversité de leur environnement pédoclimatique.

A moyen terme, l'action programmée s'inscrit, en tant que contribution agronomique, dans les orientations du programme AGRHYMET, de plus en plus axées, d'une part, sur la connaissance des situations "à risque" auxquelles sont confrontés les producteurs, et d'autre part, vers le développement d'outils opérationnels d'appui à toute décision susceptible de minimiser les contraintes climatiques et de valoriser au mieux la ressource pluviométrique.

**6.2. PRESENTATION DE LA METHODE**

Les informations porteront sur l'appréciation des liaisons déterminantes entre l'état hydrique de la culture, le rendement et la production des cultures à l'échelle :

du champ,

du terroir villageois,

et de la région.

On essaiera d'agrèger ces 3 échelles de perception et de mesure, pour assurer l'extrapolation spatiale et calibrer les informations obtenues.

### **6.2.1. Le suivi à la parcelle (le champ)**

Un réseau multilocal de parcelles représentatives des systèmes de cultures locaux :

- relevés pluviométriques journaliers,
- suivi du cycle de végétation,
- simulation des termes du bilan hydrique,
- mesure des indicateurs de rendement,
- évaluation du rendement.

### **6.2.2. L'intégration à l'échelle de terroirs de référence (le village)**

En fonction de la position sur la toposéquence, la ressource pluviométrique est diversement valorisée, et les systèmes de culture sont variables (zonage en terroirs agricoles) :

- répartition des terres ensemencées par terroir,
- échantillonnage de 30 champs par terroir,
- suivi agronomique et pluviométrique,
- estimation du gradient de réserve utile des sols,
- évaluation de l'efficacité des pluies,
- simulation du bilan hydrique,
- identification de la liaison pluie-terroir-rendement,
- extrapolation à l'échelle de l'espace villageois.

Les suivis des terroirs de Kassella au Mali, de N'DIMTABA et DAROU au Siné Saloum seront renforcés en 1989. La possibilité de validation de l'imagerie SPOT pour l'estimation des surfaces cultivées sera étudiée pour le Siné Saloum.

### **6.2.3. La veille satellitaire régionale (la région)**

La liaison entre les mesures de température de surface obtenues par satellite et la pluviosité cumulées ont été démontrées dans le cadre d'un projet CEE/IRAT/ISRA/DMN/INRA/CNES mis en oeuvre au Sénégal (1984-1986).

Dès l'obtention des données de pluie et de thermographie, un calibrage rapide est réalisé par les équipes du CMS Lannion (ORSTOM) et de l'IRAT/CIRAD de Montpellier (1986-1987), et depuis 1988 par l'équipe UTIS de ISRA/ORSTOM à Dakar.

Le développement des applications pratiques sera initié dès 1989, tant au Centre AGRHYMET de Niamey qu'au niveau des composantes nationales susceptibles d'utiliser les outils informatiques adaptés (Dakar, Bamako...), en liaison avec l'équipe ISRA/UTIS.

A terme tous les pays de la région notamment de la zone CILSS seront concernés.

Un bulletin d'information devrait être diffusé via une liaison télécopieur reliant en 1989 Dakar - Bamako - Niamey - Montpellier :

- localisation et évolution des poches arides (METEOSAT),
- alertes rapides,
- comparaison des indices hydriques mesurés et simulés,
- indication des tendances,
- essai de caractérisation des surfaces cultivées (SPOT),
- contribution au perfectionnement des analyses statistiques.

### 6.3. LE DISPOSITIF TECHNIQUE

En 1988, le dispositif complet a été mis en place au Sénégal, au Mali, au Burkina Faso et au Niger. D'autres pays seront intégrés au programme, selon leur avis, dès 1989, dans le cadre souhaité du réseau AGRHYMET et de sa possible extension aux pays côtiers.

ECHELLE	SITES OBSERVATIONS	PARTENAIRES	TYPE INFORMATION
N1 champ	points appui recherche et parcelles paysannes	IER ISRA METEO NAT. PROJETS INRAN INERA	- ETP - date semis... - état culture - pluviométrie - bilan hydrique - rendement
N2 région	toposéquence 30 champs(haut) " " (milieu) " " (bas)  images satel. SPOT	IER ISRA IRAT/CIRAD Sve Agrométéo ONG projets pilotes AGRHYMET	- réserve utile - pluie efficace - suivi racinaire - enherbement - rendement - surf. cultivées
N2 région agrocli- matique	région adminis- trative  réseau synoptique	idem +  sve statist. Autorités dével.  CMS ORSTOM Lannion  centre AGRHYMET  UTIS ORSTOM ISRA/DAKAR	- carte températ. radiatives METEOSAT et pluie estimées - carte pluviomé. par interpola. s/ réseau météo - bilan hydrique simulé sur le réseau agromété  - ind. de végét. NOAA  - Estimation rendements



## 6.4. PRINCIPAUX RESULTATS DU PROJET ESPACE OBTENUS EN 1986, 87, 88

### 6.4.1. Le dispositif parcelle

Ont été réalisés :

- la mise au point progressive du bulletin de suivi :
  - . listage des paramètres agropédoclimatiques,
  - . cohérence interpays (cf. base Prodclim),
  - . problème des carrés de rendement.
- un réseau de suivi opérationnel en 1989 :

Année	Sénégal	Mali	Niger	Burkina Faso	Tchad
1986	+	+	.	.	
1987	+	+	(+)	.	
1988	+	+	+	(+)	?

- l'estimation du rendement à l'aide du bilan hydrique :

Sur la base du référentiel agroclimatologique IRAT, les principaux termes du bilan hydrique ont été calculés et mis en relation avec les rendements observés : 3 types de formules ont été proposées :

. la formule de base :  $RDT \text{ espéré} = Ivar \times \frac{ETR}{ETM} \text{ cycle ou } (ETR_{cycle})$ .

. prise en compte du potentiel énergétique cycle et de la phase critique :

$$\begin{aligned} RDT \text{ espéré} &= Ivar \frac{ETM_{cycle}}{ETM} \frac{ETR}{ETM_{pc}} \\ &= Ivar \frac{ETR_{cycle}}{ETM} \frac{ETR}{ETM_{pc}} \end{aligned}$$

. prise en compte limitée à la satisfaction des besoins en eau au cours du cycle et de la période critique :

$$RDT \text{ espéré} = Ivar \frac{ETR}{ETM_{cycle}} \frac{ETR}{ETM_{pc}}$$

chaque formule est apparue plus ou moins commode à utiliser dans les analyses de corrélation, selon le type d'année, le pays ou le type de culture.

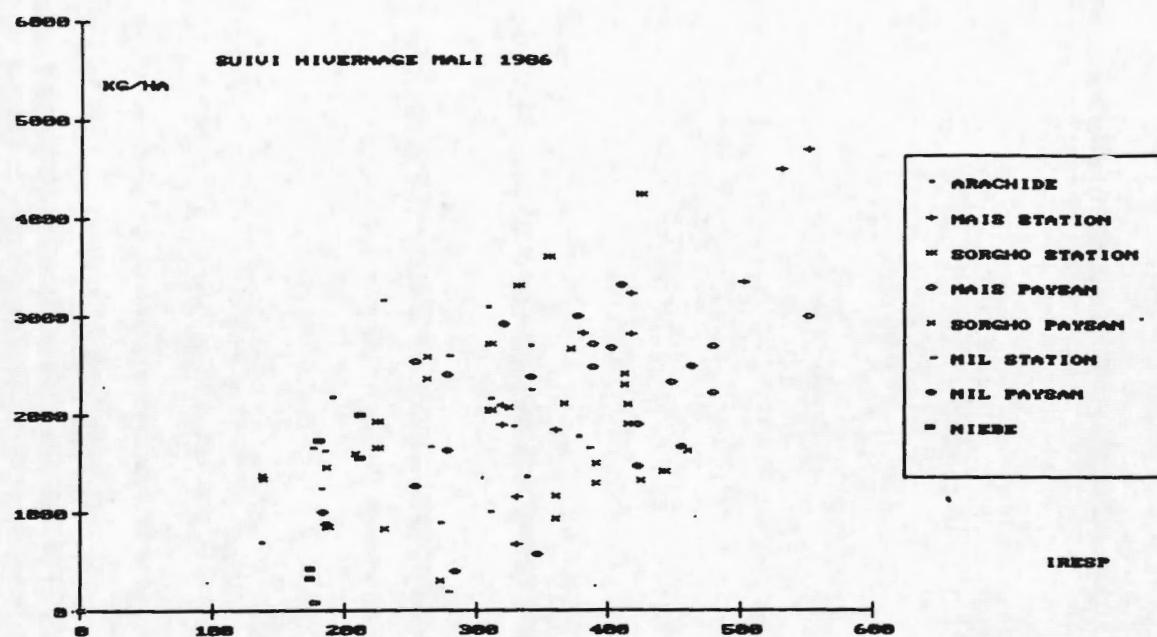
On notera l'importance accordée au terme  $ETR/ETM_{pc}$ , donc à son mode de calcul. Il correspond globalement au taux minimum moyen observé au cours de la phase de floraison ou de formation de l'épi (gousse...). Le choix du pas de temps dans la modélisation et le type de découpage du cycle jouent donc un rôle évident dans l'estimation.

Ces formules semblent adaptées aux situations décrivant un calage correct de la culture par rapport à l'hivernage et sa durée.

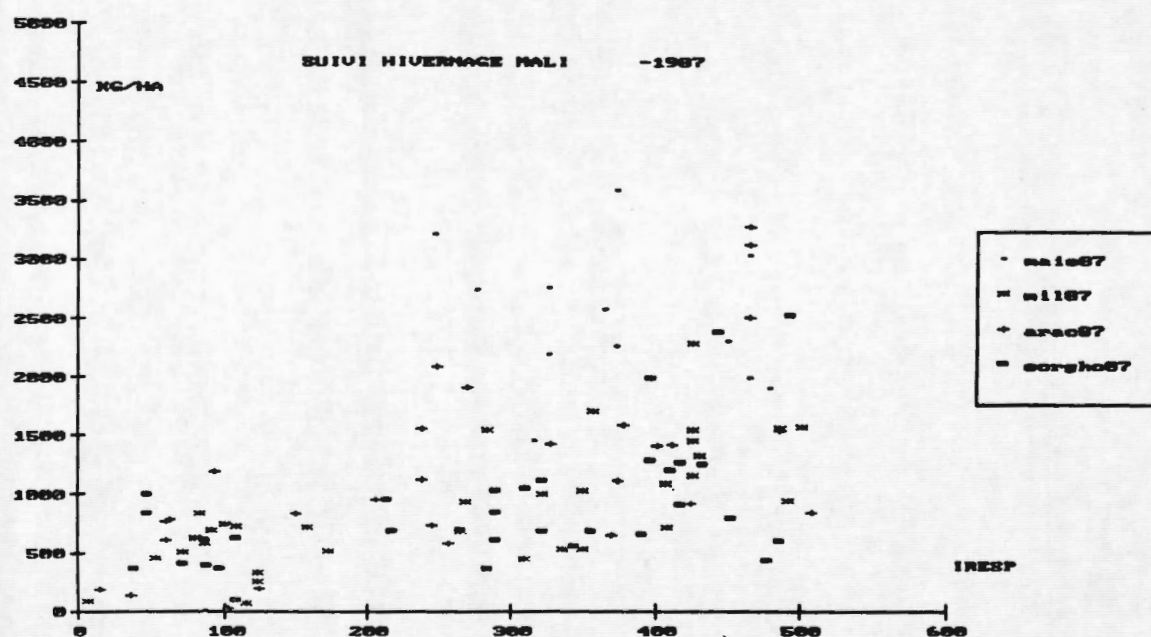


RELATION RENDEMENT IRESP A PARTIR DES PARCELLES ELEMENTAIRES  
AVANT REGIONALISATION (Valeurs moyennes par site).

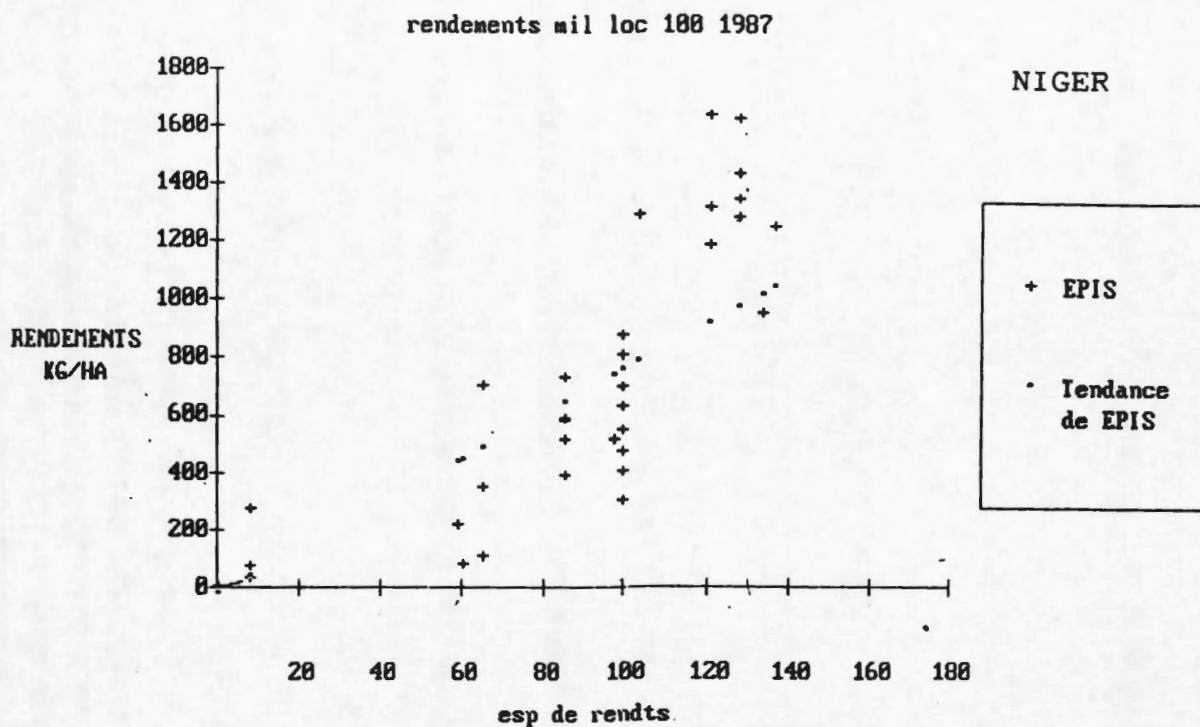
48.



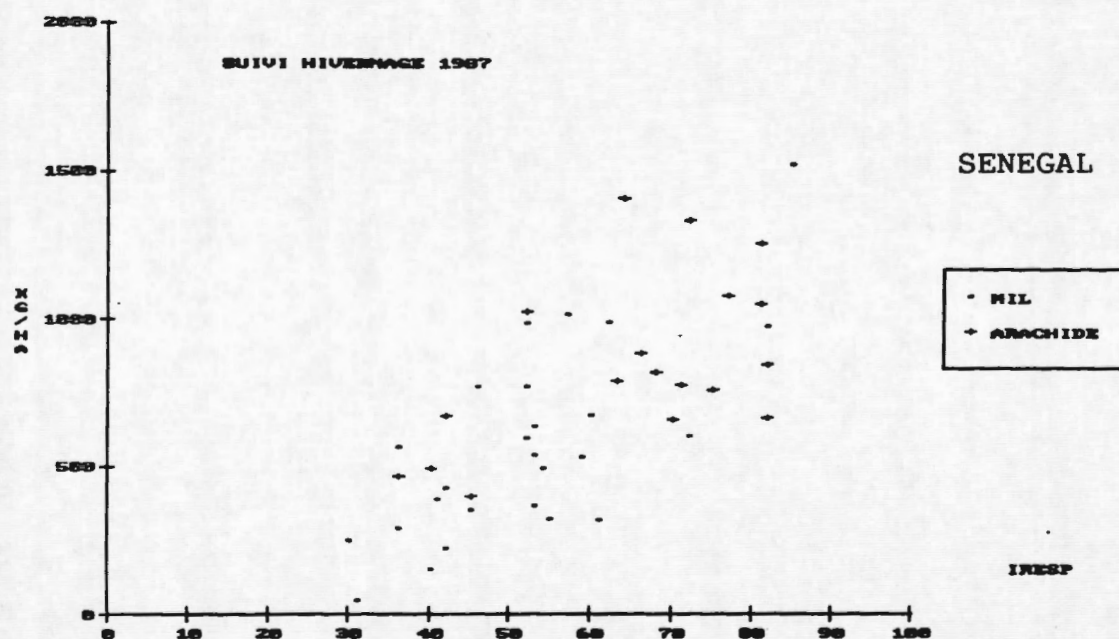
MISE EN EVIDENCE DE LA FAIBLE REPONSE A L'EAU DES VARIETES DE  
SORGHO PHOTOPERIODIQUES SEMEES TARDIVEMENT EN 1987.  
(adaptation du calcul de Iresp à ce cas de figure).



RELATION ENTRE LE RENDEMENT EPI DU MIL ET L'INDICE IRESP  
(Rendement grain = 0.7 épi)



RELATION POUR L'ARACHIDE ET LE MIL ENTRE LE RENDEMENT ET L'INDICE IRESP : Variabilité du rendement pour les ETR élevées indiquant des problèmes de faible fertilité .





### Les premières estimations de rendement espéré

Bien que l'on ne dispose pas encore d'assez de résultats fiables pour mener à bien une évaluation statistique, on peut citer les premières tendances obtenues pour 1986 et 1987.

Sénégal	Mil	16 Iresp - 80
	Arachide	15 Iresp - 50
Mali	Mil, Sorgho	22 Iresp -200
	Maïs (zone coton)	43 Iresp -800
	Maïs (hors zone)	25 Iresp -300
Niger	Mil (1987)	12 Iresp

$$IRESP = \frac{ETR \text{ cycle}}{ETM} \times \frac{ETR \text{ pc}}{ETM}$$

Les différences de réponse semblent être cohérentes avec les caractéristiques agroéconomiques de chaque région. On notera la plus forte réponse au Mali due à un épuisement moins accentué de la fertilité des sols. L'effet "coton" sur le maïs apparaît exemplaire (arrière-effet de l'apport d'engrais).

#### **6.4.2. Le dispositif terroir**

Deux types d'action ont été mises en oeuvre :

D'une part l'étude in situ de l'alimentation hydrique de parcelles paysannes sur la toposéquence du village de Kassela au Mali, d'autre part la reconnaissance et appréciation des surfaces cultivées à l'aide du satellite SPOT sur quelques terroirs du Siné Saloum au Sénégal.

#### Le bilan hydrique à l'échelle de la toposéquence

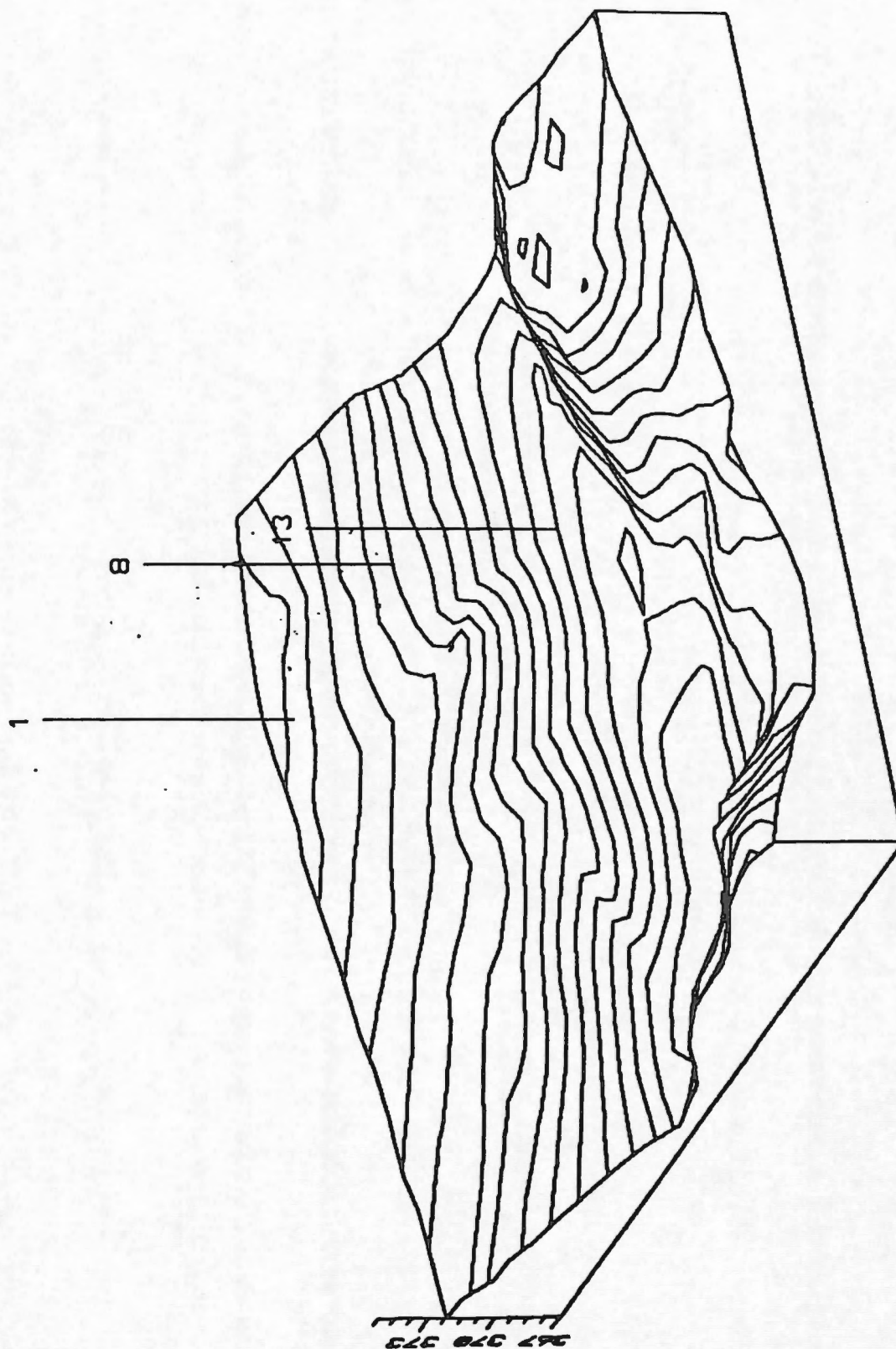
##### **\* Kassela (Mali)**

En 2 campagnes très différents du point de vue pluviométrique (de 350 mm, en 1987 à 1000 mm en 1988), certaines observations ont permis de commencer à répondre aux principaux problèmes :

Le ruissellement nul à très faible en 1987 a été très marqué en 1988. La formule proposée par Casenave (ORSTOM) et testée par l'équipe Mali semble satisfaisante.

Le problème de l'estimation de la réserve utile racinaire demeure posé. En situation sèche les humectations varient entre 70 et 130 cm, en situation très humide, elles passent à l'intervalle 150 - 300 cm. Cette variation confirme la nécessité de paramétrer la réserve utile racinaire RUR intégrant la descente racinaire et l'éventuelle limitation en profondeur par une contrainte pédo (cuirasse...).

Dispositif de mesure in situ du bilan hydrique sur le  
terroir de Kassela -Positionnement des parcelles : Haut  
milieu et bas de toposéquence.



TOPOSEQUENCE DE KASSELLA



Le paramètre excès d'eau sous culture semble être un bon indicateur du risque de noyade des cultures en bas de toposéquence.

Le calcul du rendement espéré par la formule Iresp calculé par le logiciel DHC donne des résultats représentatifs du milieu de toposéquence. A ce titre, il indique bien le rendement au niveau du terroir proche du village. Pour caractériser les 3 niveaux de rendement liés à la place de la parcelle, il convient d'utiliser un modèle intégrant la loi de ruissellement, (négatif en bas...), ainsi qu'un paramètre lié à la fertilité tel que la vitesse racinaire.

Le suivi des calendriers culturels devrait permettre d'identifier une règle de décision susceptible de simuler les vagues de semis en tenant compte de la place de la parcelle et du type de culture.

### L'appréciation des surfaces cultivées

Parallèlement à la démarche alimentation hydrique mise en oeuvre au Mali pour mieux comprendre la fluctuation du rendement à l'échelle du terroir en fonction de la pluviosité et des pratiques culturelles, il était utile de s'intéresser au facteur surface. Disposant pour 2 villages des parcellaires détaillées, 2 acquisitions SPOT ont été obtenues en 1987 et 1988.

Seule l'image de Novembre 1988 semble pouvoir donner d'excellents résultats. Les traitements en cours permettront de séparer, regrouper et exprimer en pourcentage les principaux types d'utilisation du sol :

Sols cultivés et récoltés,  
jachères plantes annuelles,  
zones de végétation naturelle arborée

Des statistiques à l'échelle d'une zone de 70 km<sup>2</sup> seront proposées. La poursuite de la validation, par analyse de la vérité terrain sera renforcée en 1989.

Cette information, certes globale doit être rapprochée des connaissances (acquises) sur l'organisation des systèmes de cultures. Il sera alors possible de proposer des estimations de production pour les principales cultures alimentaires de la zone.

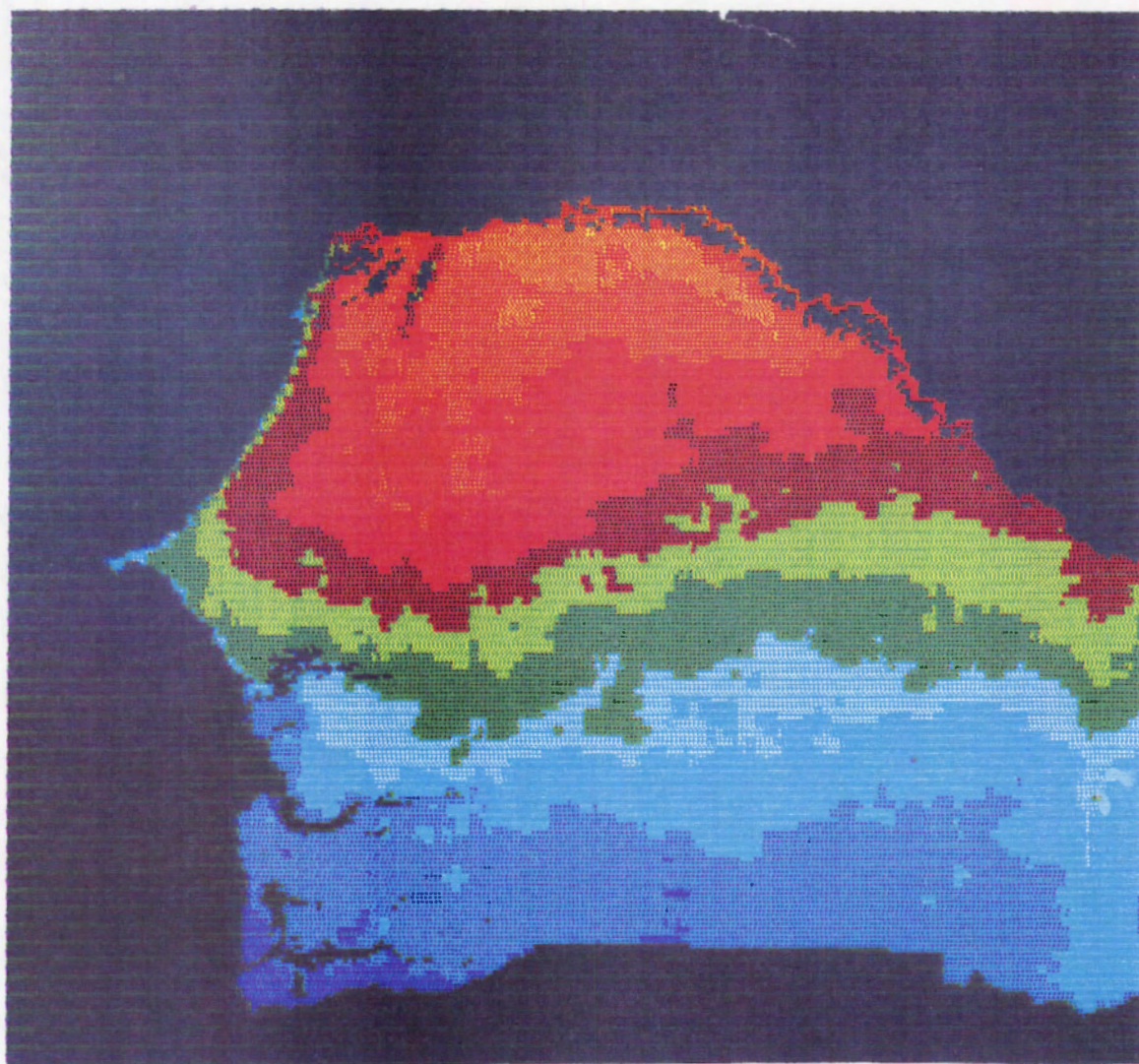
### **6.4.3. le dispositif régional**

#### METEOSAT

La méthode basée sur le travail de thèse IRAT de ED. ASSAD repose sur la relation entre la pluie cumulée et la somme des écarts thermiques entre la température de surface et l'atmosphère.

Suite à une confirmation de la méthode en 1986 en collaboration avec IRAT, ORSTOM (Lannion) et INRA, qui a démontré la faisabilité du diagnostic pour les zones de pluviométrie inférieure à 800 mm, la technologie a été transférée au Centre ISRA/UTIS en 1988, qui devrait recevoir les imageries en provenance du Centre de Lannion.



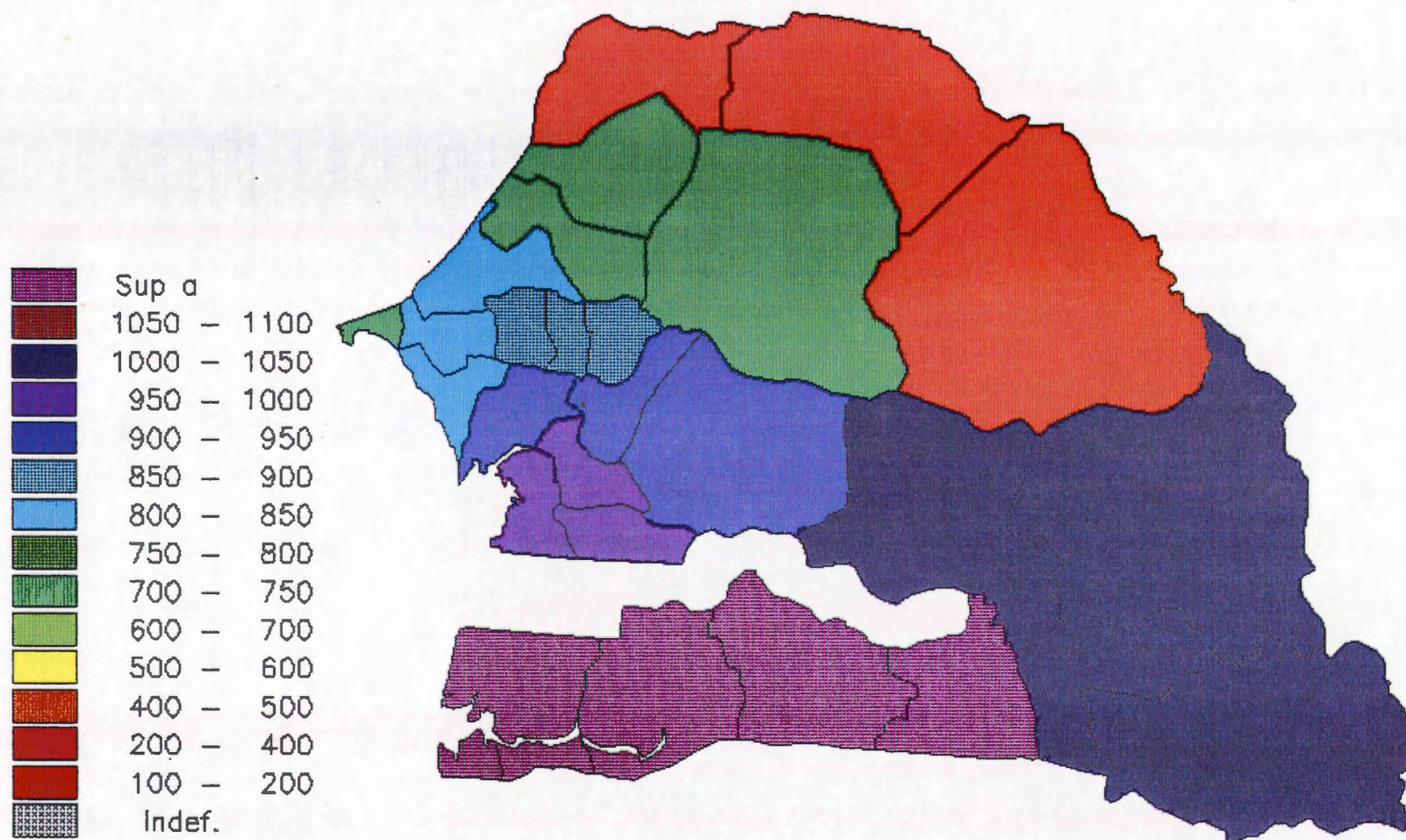


ISRA ORSTOM PLUVIOMETRIE: CUMUL AU 31/10/88 (TS - TA)

Mise en évidence des zones à risque de sécheresse en fin de cycle caractérisées par des indices IRESP faibles. (zone rouge).



RENDEMENTS ESPERES DE MIL AU SENEGAL  
PREVISION AU 30 SEPTEMBRE 1987 A L'ECHELLE REGIONALE (KG/HA)



Le projet ESPACE se propose de contribuer à faire connaître le produit au niveau des composantes nationales.

#### Indices de végétation NOAA

En 1987, dans le cadre du projet une première tentative d'utilisation des indices de végétation NOAA a été entreprise pour le Sénégal. Si les zones apparaissent bien différenciées, il reste toutefois à analyser, sur le plan fondamental les liaisons entre cet indice et la réalité terrain : occupation du sol, calage hydrique des calendriers culturels, couplage avec le bilan hydrique... Cette approche fait l'objet de travaux de deux thèses IRAT qui permettront de progresser dans la maîtrise de l'utilisation des indices en proposant des algorithmes compatibles avec les différents niveaux d'échelles : parcelle - terroir - région. La complémentarité entre le projet ESPACE et la station NOAA du Centre AGRHYMET apparaît prometteuse pour le proche avenir.



## LES RESULTATS DU PROJET ESPACE 88 BILAN PAR PAYS

### 7.1. SYNTHESE

En 1988, 4 pays ont participé à la mise en place de plus de 500 bulletins de suivi d'hivernage (cf. annexe). Des confirmations exemplaires ont été obtenues au Mali, où après 3 ans de suivi, une méthodologie claire et des résultats performants se dégagent.

Au Sénégal, en raison d'une approche différente basée sur la diffusion éclatée des bulletins, sans concentration ni répétition sur des terroirs de référence, les résultats 88 ont été particulièrement décevants. Toutefois, l'analyse des données par le logiciel PRODCLIM montre que la tendance est confirmée pour l'estimation du rendement régional (pente de l'ordre de 13 pour l'indice IRESP, plus faible qu'en 1986 et 1987 en raison de l'effet négatif de l'excédent).

Au Niger un travail exemplaire a été accompli, démontrant l'excellente coopération entre les agronomes et la Météorologie Nationale. La Concentration des observations sur des terroirs de référence devrait dès 1989 confirmer le caractère extensif du système Mil au Niger pour lequel la réponse à l'indice IRESP est estimé par un facteur variant de 8 à 12 selon le niveau de fertilité et de densité de semis.

Au Burkina Faso l'opération 88 a été réalisée à titre de sensibilisation, l'exploitation des résultats non encore réalisée au moment de l'atelier, par manque de personnel spécialisé et formé, devrait logiquement situer la réponse à l'eau pour la filière Mil/Sorgho en voisinage de celle obtenue pour le Mali (pente de l'ordre de 18 à 20).

D'un commun accord, les participants à l'atelier ont reconnu la nécessité de mettre en place un dispositif de suivi ESPACE à deux vitesses :

- un suivi léger réparti sur le pays en liaison avec les services agrométéo.
- un dispositif lourd réparti sur 3 à 4 sites sur lesquels au moins 30 champs par culture sont suivis sur le plan phénologique et simulation du bilan hydrique.

### 7.2. LE NIGER

L'opération ESPACE a été initiée en 1987 avec la mise en place de quelques sites de suivi dans les régions de ZINDER et TILLABERY. En 1989, un véritable réseau a été lancé à travers une collaboration étroite entre la Direction de la Météorologie Nationale et l'équipe DHC d'AGRHYMET.

### Rappel de la Méthodologie "ESPACE"

Le dispositif cette année a consisté en la mise en place de 120 parcelles en milieu paysan de Mil pur et d'association Mil Niébé essentiellement. Ces parcelles ont été réparties sur 29 sites (fig. 1 et 2) dans la région du Centre (Niamey, Filingué, Tahoua, Birni N'Konni, Dosso) et la Région de Zinder.

Sur chaque site, 4 parcelles ont été généralement délimitées (2 sur Mil pur et 2 sur Mil-Niébé) si l'existence dans la zone de ces 2 types de cultures le permettait.

Sur chaque parcelle, un dossier de suivi de campagne a été rempli (voir annexe) mentionnant les caractéristiques du sol, place dans la toposéquence, type de culture, niveau d'intrant, etc... permettant de caractériser le mieux possible la parcelle et la culture. Au moment de la récolte, la production de la placette a été pesée (pour céréales : grains, épis et paille) et légumineuses gousses + fanes) et ramenée à la surface ou à la densité pour avoir l'estimation du rendement.

### Incertitude sur le calcul du rendement

Les valeurs de rendement calculées par la méthode des placettes de rendement sont à considérer avec beaucoup de précaution.

Nous pouvons obtenir le rendement de deux manières différentes :

1) En ramenant la production à la surface du carré

$$Rdt = \frac{Prod}{Surf} \Rightarrow \frac{\Delta Rdt}{Rdt} = \frac{\Delta Prod}{Prod} + \frac{\Delta Surf}{Surf}$$

en général la surface du carré est de  $6 \times 4 = 24 \text{ m}^2$  avec une densité de 10 000 pieds / ha (4 lignes x 6 paquets par ligne)

La précision sur la mesure de la surface est de l'ordre de 1 m pour chaque côté. (position des piquets).

$$S = l \times L \quad \frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta L}{L}$$

$$\text{soit } \frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{10}{24}$$



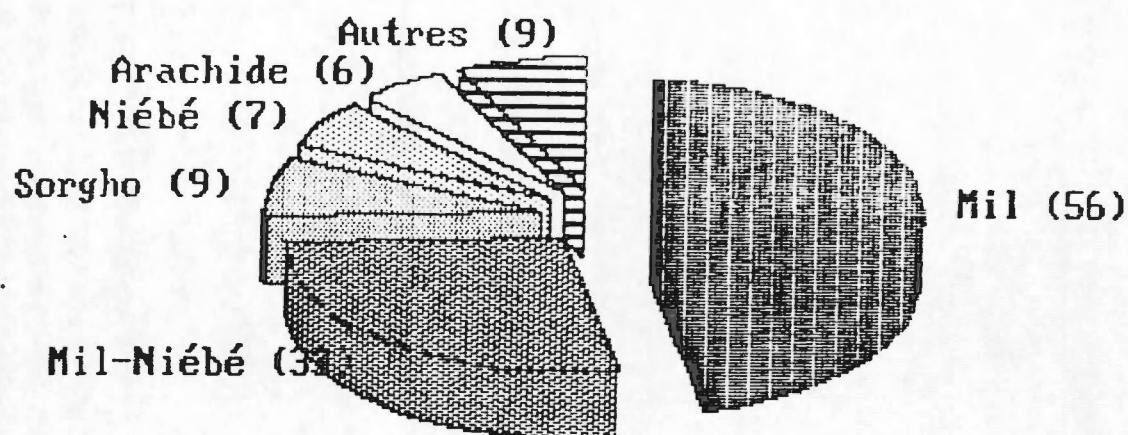


Fig. 1

## POINTS D'ENQUETES. – HIVERNAGE 88



Fig. 2

L'erreur sur l'estimation du rendement peut donc aller rien qu'avec la plus ou moins bonne estimation de la surface jusqu'à 40 % de la valeur calculée.

2) En ramenant la production à la densité on a alors :

$$\text{Rendement} = \frac{P}{1 \times \text{il} \times N}$$

1 : ligne  
il : interligne  
N : Nombres de pieds théoriques  
P : Production

La ligne et l'interligne sont mesurées avec un décimètre. La précision, compte tenu du nombre de lignes et interlignes concernées ne peut excéder 10 cm sur une valeur proche de 1 m (en considérant une densité de 10 000 p/ha).

$$\text{Nous avons donc } \frac{\Delta \text{Rdt}}{\text{Rdt}} = \frac{\Delta \text{Prod.}}{\text{Prod}} + \frac{\Delta 1}{1} + \frac{\Delta \text{il}}{\text{il}} + \frac{\Delta \text{Nbr}}{\text{Nbr}}$$

$$\frac{\Delta \text{Nbr}}{\text{Nbr}} = 0 \quad \text{en considérant un semis en ligne parfait}$$

$$\frac{\Delta \text{il}}{\text{il}} = \frac{\Delta 1}{1} = 0,1$$

Nous obtenons donc une incertitude sur le rendement de 20 % en faisant abstraction de l'erreur sur la valeur de la production.

La précision obtenue est donc assez faible puisque l'erreur suivant la méthode de détermination du rendement varie entre 20 à 40 %. Les solutions consistent pour réduire l'erreur à :

- augmenter la surface du carré de rendement (1ère méthode)
- délimiter les carrés de rendement sur des parcelles avec un semis en ligne régulier (2ème méthode).

D'autres problèmes interviennent ensuite sur la représentativité du carré de rendement par rapport à la parcelle:



- Nombre de poquets manquants dans le carré
- Nombre de poquets supplémentaires (Resemis)
- Valeur ligne - interligne irrégulière dans l'espace.
- Un certain nombre de répétitions permettrait de faire abstraction de la variabilité spatiale de ces grandeurs.
- Ainsi les rendements établis cette année sont entachés d'erreurs méthodologiques.
- Erreur sur la surface du carré de rendement
- Erreur dans la pesée de la production faite au moment de la récolte (problème du taux d'humidité des grains) -
- pas des répétitions par parcelles.
- Choix de la place du carré de rendement dans la parcelle.

#### - TRAITEMENT DES DONNEES

Le traitement des données a porté sur les 86 parcelles de mil et 33 parcelles de mil associé avec du niébé. Dans un premier temps nous donnons les résultats concernant les parcelles de mil pur. Une comparaison sera ensuite faite avec les parcelles en association mil-niébé.

##### - Mil pur

Sur les 86 parcelles mises en place, 38 ont été retenues pour le traitement final (68 %). Les 18 autres ayant été écartées pour différentes raisons :

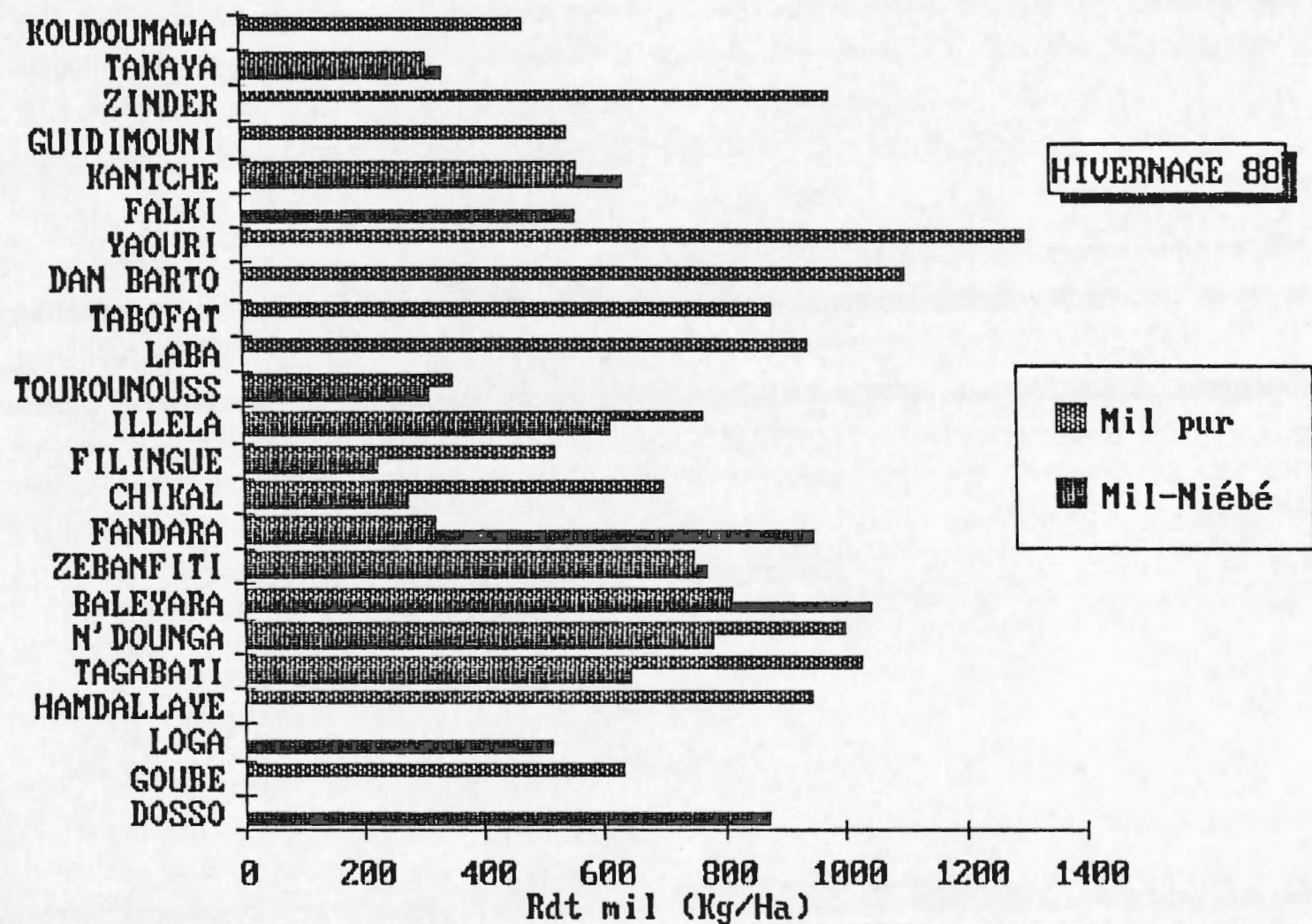
- champs envahis de mauvaises herbes
- degré d'attaques (Insecte + parasite) trop important
- mesure du rendement aberrant
- etc

Le calcul du rendement a été fait de deux manières différentes :

- En ramenant le poids de la production du carré de rendement à la surface ;

- En calculant le poids moyen par poquet et la densité (ligne x interligne) pratiquée.

Les problèmes posés pour le calcul du rendement ont été présentés dans le paragraphe ci-dessus.





mil pur		
station	rendement (Kg/Ha)	densité (Pieds/Ha)
FANDARA	316	4444
CHIKAL	887	8333
	791	10000
	418	10000
FILINGUE	490	4167
	546	3472
TOUKOUNOUSS	379	2770
	320	2770
TAHOUA	116	6944
ILLELA	764	8333
ZEBANFITI	501	6400
	560	6400
	777	8333
	1159	8333
HAMDALLAYE	606	8333
	1279	10000
GOUBE	528	3988
	728	10000
TAGABATI	1114	5952
	1125	10000
	847	5952
N'DOUNGA	1021	10000
	979	10000
GUIDIMOUNI	233	3759
	333	1890
	1060	10000
KANTCHE	560	4000
BALEYARA	810	5556
TAKAYA	192	5952
	405	4464
	333	4274
ZINDER	980	2941
LABA	938	10000
TABOFAT	1228	20833
KOUDOUAWA	470	3704
YAOURI	1298	8333
DAN BARTO	1101	6173

## - SIMULATION DU BILAN HYDRIQUE

La simulation du bilan hydrique a porté pour chaque parcelle sur 3 réserves utiles différentes (60, 80, 100 mm) en utilisant les coefficients culturaux du mil établi par C. DANCETTE (Bambey) et les ETP calculées pour l'année en cours à la station climatologique la plus proche de la parcelle (Tableau n° 2). La pluviométrie recueillie pour chaque parcelle provient d'un pluviomètre distant en général de moins de 5 km. La date de semis réelle de la culture a été utilisée pour déterminer la pentade de semis à introduire dans le modèle.

### REMARQUES

Les coefficients culturaux KC utilisés ont été calculés pour une culture de mil SOUNA III ayant une densité de 10 000 pieds/ha. Nous utilisons ici ces coefficients pour des cultures de mil de variété souvent locale ayant une densité variant de 2 000 à 20 000 pieds/ha. Il convient d'être prudent sur l'interprétation des résultats.

## - LIAISON ENTRE RENDEMENT OBSERVE ET BILAN HYDRIQUE

La consommation en eau donc la bonne alimentation hydrique de la culture est explicative en partie du rendement final ( $r = 0,6$  entre RDT et ETR). (figure 4)

On s'aperçoit aussi, que la densité culturale est corrélée avec le rendement et par contre il n'y a aucune corrélation entre la densité et le poids grain par poquet (fig. n° 10 et 11). On rencontre surtout des densités comprises entre 5 000 à 10 000 pieds/ha et des poids grain par poquet, compris entre 100 et 180 g vers les forts rendements. Par contre les rendements faibles sont surtout dûs à de faibles densités et non à des poids de chandelles petits. La forte dispersion observée des rendements par rapport à la droite rendement - ETR pourrait donc en partie s'expliquer par une variabilité des densités pratiquées importantes comprise entre 2 000 et 20 000 pds/ha engendrant pour une même ETR simulée des rendements finaux différents.

Cette forte variabilité rencontrée dans les densités traduit de ce fait un niveau de technicité faible.

Les semis ne sont jamais faits (sauf exception) avec le rayonneur permettant de rendre les écarts ligne-interlignes moins hétérogènes d'un champ à un autre.

Les forts écartements n'ont pas été cette année avantageés dans les zones dites à risque puisque la pluviométrie a été bien répartie dans le temps et en quantité généralement suffisante.



## RESULTATS DE BILAN HYDRIQUE SIMUL

Tableau n° 2

station	ru (mm)	sem mm	sem pp	spu (mm)	eta (mm)	eta cy (mm)	idv (%)	f11 (%)	f12 (%)	matur (%)	satis cy (%)	satis pc (%)	iresp (%)	exd-40 (mm)	ex cy (mm)
BIZHI W'KOMBI	60	6	3	414,50	372,30	342,70	100	94	83	93	92	86	79,12	18	69
BIZHI W'KOMBI	80	6	3	414,50	372,30	352,40	100	94	89	96	95	92,50	87,88	0	40
BIZHI W'KOMBI	100	6	3	414,50	372,30	353	100	94	90	96	95	92,80	88,16	0	20
PANDARA	60	6	3	419,50	432,50	335,40	89	83	6	95	73	71,50	52,20	12	61
PANDARA	80	6	3	419,50	432,50	336,80	89	85	35	91	78	76,80	59,90	0	20
PANDARA	100	6	3	419,50	432,50	337	89	85	35	91	78	76,80	59,90	0	0
ILLELA	60	6	3	408,70	444,60	361,60	96	64	66	94	81	91	73,71	0	47
ILLELA	80	6	3	408,70	444,60	362,60	96	64	66	94	82	91	74,62	0	27
ILLELA	100	6	3	408,70	444,60	363	96	64	66	95	82	91	74,62	0	7
ILLELA	60	4	5	155,30	516,30	140,20	0	0	52	46	27	31,80	8,59	0	0
ILLELA	80	4	5	155,30	516,30	140,20	0	0	52	46	27	31,80	8,59	0	0
ILLELA	100	4	5	155,30	516,30	140,20	0	0	52	46	27	31,80	8,59	0	0
TABOHA	60	6	1	271,60	461,10	244,30	20	18	49	81	53	66,80	35,40	0	4
TABOHA	80	6	1	271,60	461,10	244,40	20	18	49	81	53	66,80	35,40	0	0
TABOHA	100	6	1	271,60	461,10	244,40	20	18	49	81	53	66,80	35,40	0	0
FILINGUE	60	7	1	254,70	398,70	247,40	98	46	83	56	62	54,80	33,98	0	0
FILINGUE	80	7	1	254,70	398,70	247,40	98	46	83	56	62	54,80	33,98	0	0
FILINGUE	100	7	1	254,70	398,70	247,40	98	46	83	56	62	54,80	33,98	0	0
CHIKAL	60	6	3	274	432,50	263	66	85	5	72	61	65,30	39,83	0	0
CHIKAL	80	6	3	274	432,50	263	66	85	5	72	61	65,30	39,83	0	0
CHIKAL	100	6	3	274	432,50	263	66	85	5	72	61	65,30	39,83	0	0
CHIKAL	60	6	6	327,20	408	280,40	99	58	84	62	69	39,30	27,12	15	26
CHIKAL	80	6	6	327,20	408	296	99	65	82	66	73	55,80	40,73	0	0
CHIKAL	100	6	6	327,20	408	296	99	65	82	66	73	55,80	40,73	0	0
KEITA	60	7	1	475,60	415,30	372,40	100	89	89	87	90	86,30	77,67	88	98
KEITA	80	7	1	475,60	415,30	381,40	100	92	90	90	92	89,80	82,62	68	75
KEITA	100	7	1	475,60	415,30	386,60	100	93	92	92	93	91,80	85,37	48	53
LABA	60	6	3	460,60	444,60	382,50	90	81	77	92	86	90	77,40	19	58
LABA	80	6	3	460,60	444,60	395,10	90	81	91	92	89	93	82,77	0	28
LABA	100	6	3	460,60	444,60	396,80	90	81	91	93	89	94	83,66	0	7
SAKARAMA	60	7	1	359,60	415,30	290,10	92	94	95	43	70	32,50	22,75	51	73
SAKARAMA	80	7	1	359,60	415,30	309,80	92	94	95	53	75	48,30	36,23	31	53
SAKARAMA	100	7	1	359,60	415,30	330,20	92	94	95	64	80	69,80	55,84	11	33
TABOFAT	60	6	5	316,40	430,80	330,70	69	71	94	66	72	52,80	38,82	0	0
TABOFAT	80	6	5	316,40	430,80	330,70	69	71	94	66	72	52,80	38,82	0	0
TABOFAT	100	6	5	316,40	430,80	330,70	69	71	94	66	72	52,80	38,82	0	0
TABOFAT	60	7	1	288,60	415,30	299,60	99	89	86	51	72	59,80	43,86	2	2
TABOFAT	80	7	1	288,60	415,30	307,80	99	89	87	52	73	60,50	44,17	0	0
TABOFAT	100	7	1	288,60	415,30	307,80	99	89	87	52	73	60,50	44,17	0	0
TINKIRANA	60	7	1	351,50	415,30	313,20	99	94	91	54	75	70,50	52,88	46	46
TINKIRANA	80	7	1	351,50	415,30	313,20	99	94	93	64	80	78,80	63,84	26	26
TINKIRANA	100	7	1	351,50	415,30	352,80	99	94	93	73	85	83,80	71,23	6	6
TOURDOUSS	60	6	6	273,20	368,80	230,10	100	68	51	57	65	45	29,25	38	38
TOURDOUSS	80	6	6	273,20	368,80	255,70	100	77	70	56	69	44,50	30,71	18	18
TOURDOUSS	100	6	6	273,20	368,80	272,30	100	82	73	62	74	59,30	43,88	0	0
LOGA	60	6	4	519,60	440,40	406,60	98	89	86	95	92	89,30	82,16	0	99
LOGA	80	6	4	519,60	440,40	406,60	98	89	86	95	92	89,30	82,16	0	99
LOGA	100	6	4	519,60	440,40	406,90	98	89	86	95	92	89,30	82,16	0	79
ZERANFIYI	60	6	3	336,70	382,90	296,20	84	74	93	71	77	55,80	42,97	0	24
ZERANFIYI	80	6	3	336,70	382,90	290,10	84	74	93	72	78	55,80	43,52	0	4
ZERANFIYI	100	6	3	336,70	382,90	290,30	84	74	93	72	78	55,80	43,52	0	0

Figure 4

Hivernage 1988 - Niger

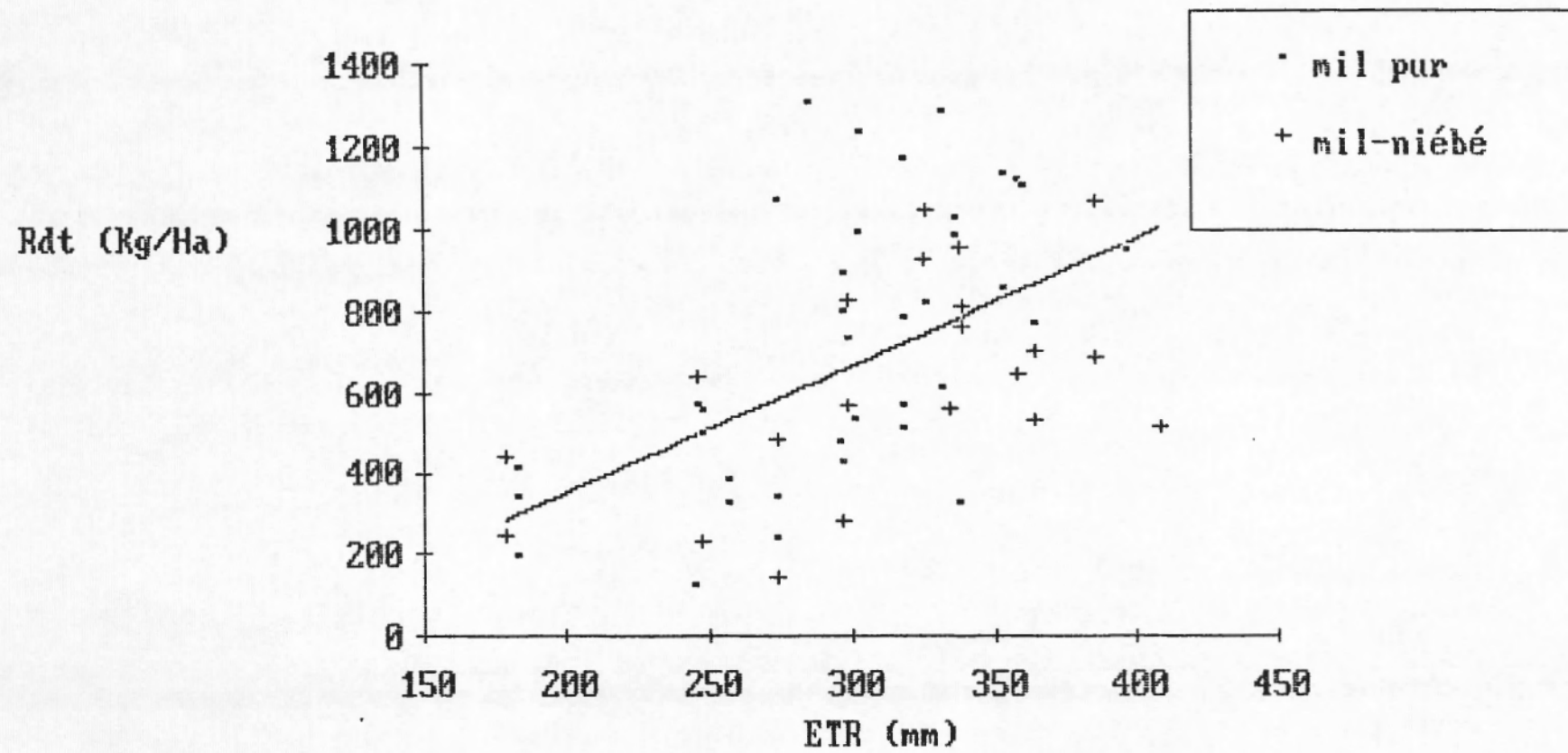


Figure 9

Hivernage 1988 - Niger

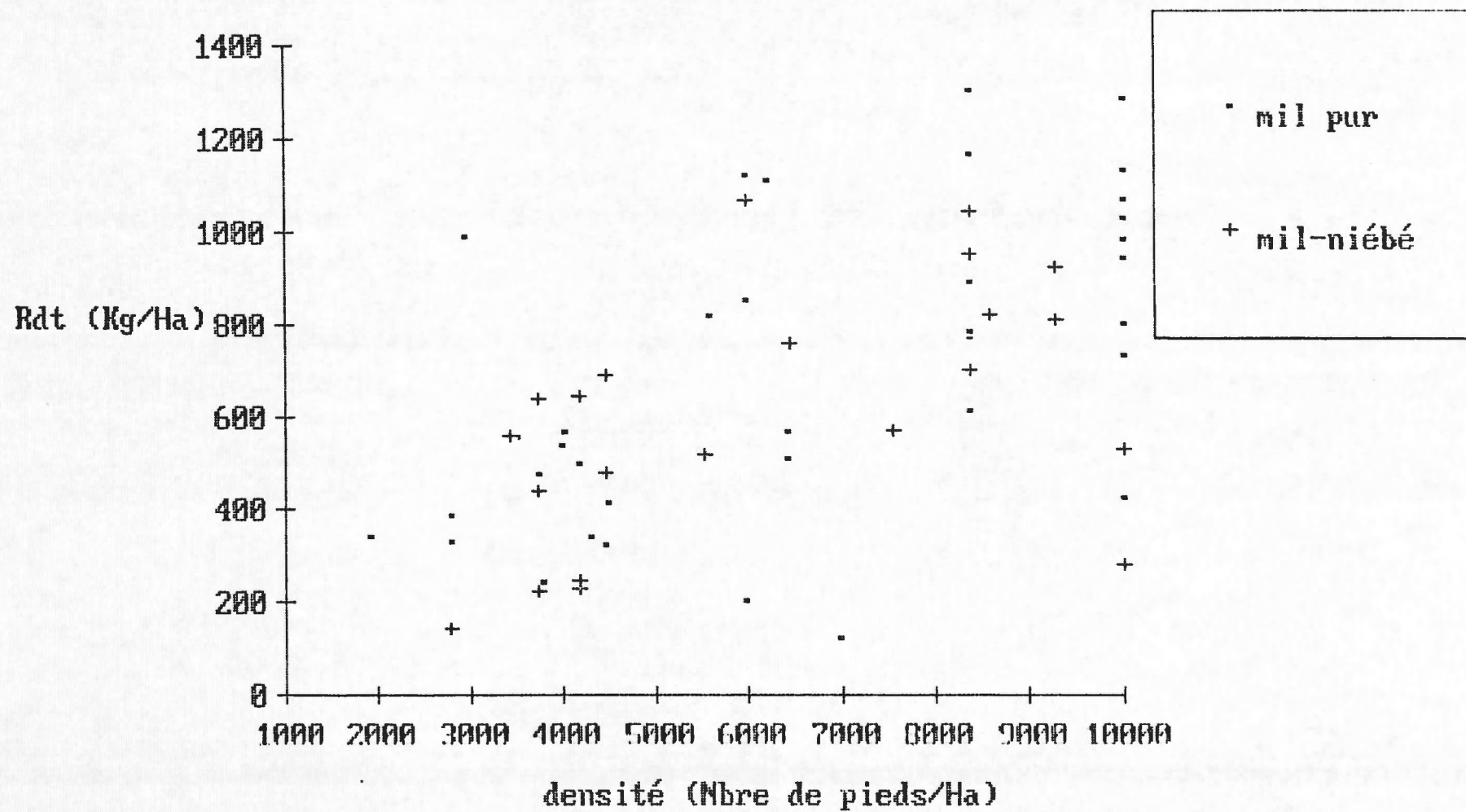




Figure 10

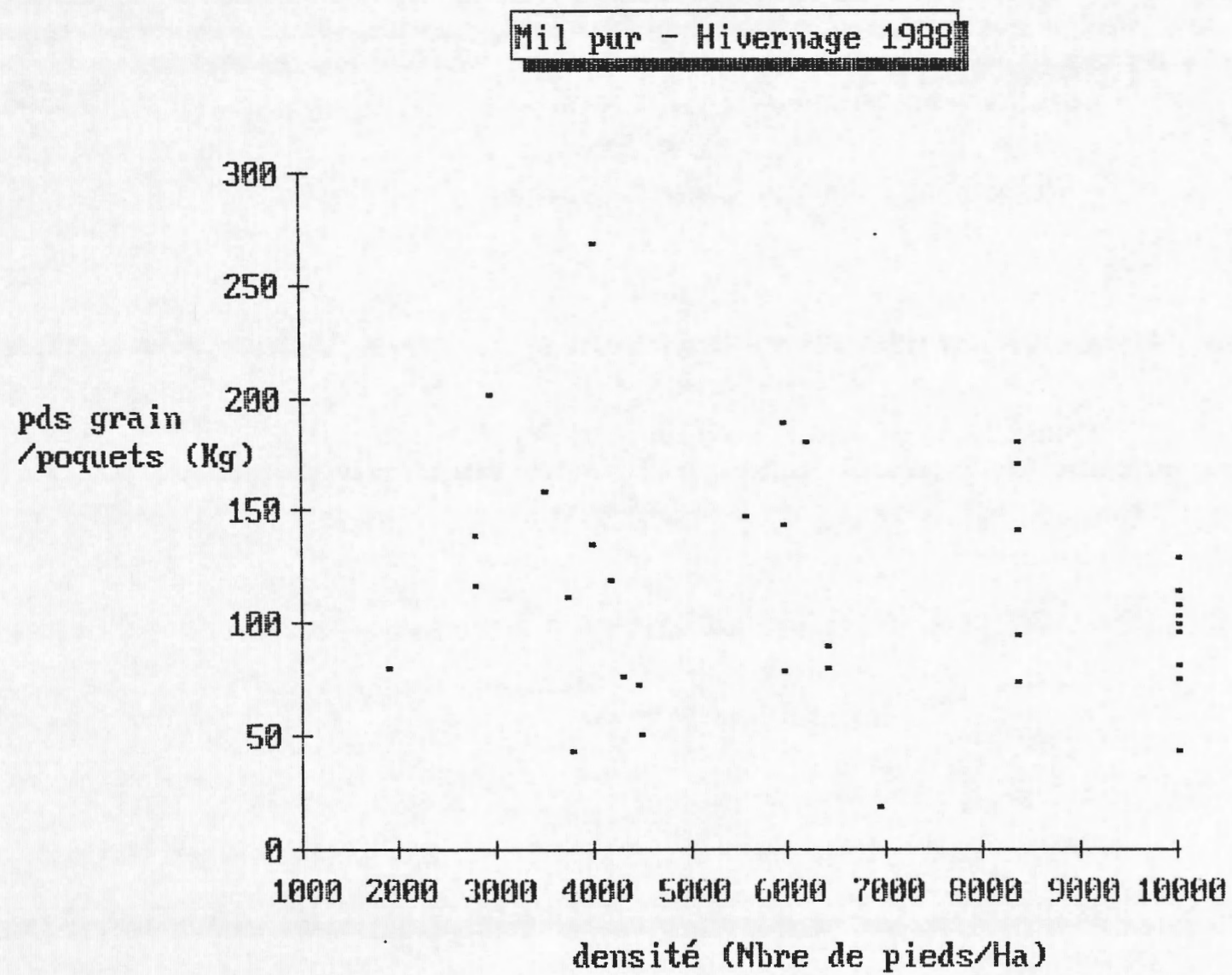


Figure 11

Mil pur - Hivernage 1988

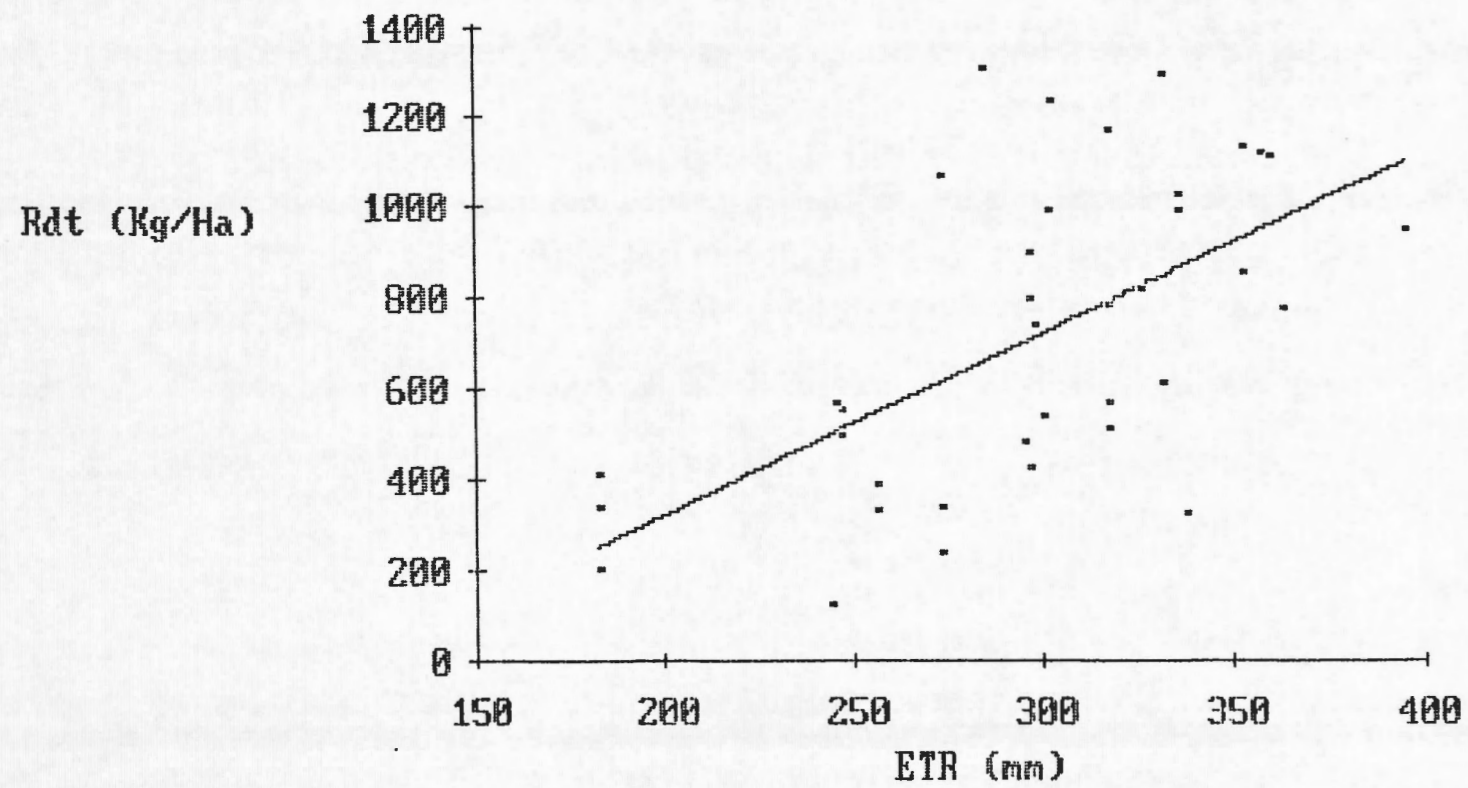
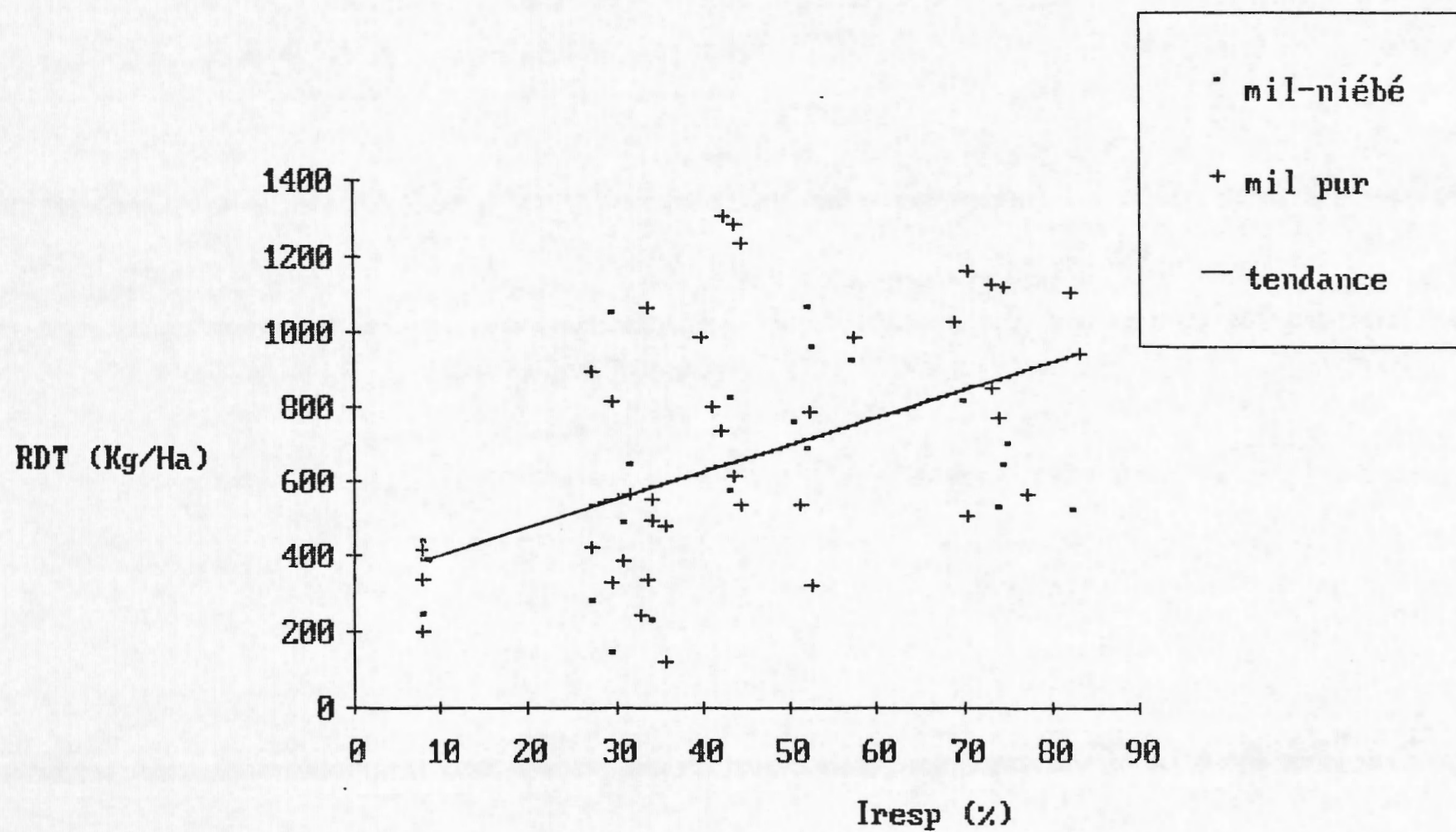


figure 6

Hivernage 88





Les relations établies entre les rendements et l'ETR simulé d'une part, et les rendements et la somme des pluies sur le cycle d'autre part montrent que cette année l'ETR correspond assez bien à la pluie (même corrélations entre ETR rendement et pluie-rendement).

$$\text{Rendement} = 4 \text{ ETR} - 470 \quad \text{avec } r = 0,6$$

$$\text{Rendement} = 2,3 \text{ pluie} - 77 \quad \text{avec } r = 0,6$$

$$\text{Rendement} = 8,5 \text{ IRESP} - 290 \quad \text{avec } r = 0,55 \text{ et}$$

$$\text{IRESP} = \left( \frac{\text{ETR}}{\text{ETM}} \right)_{cy} \times \left( \frac{\text{ETR}}{\text{ETM}} \right)_{pc}$$

pc = phase critique

La droite de Regression entre ETR et pluie donne :

$$\text{ETR} = 0,7 \text{ pluie} + 52 \quad \text{avec } r = 0,74.$$

L'indice IRESP caractérisant la satisfaction des besoins en eau sur tout le cycle et celle durant la phase sensible (effet multiplicatif) est moins bien corrélé avec les rendements que l'ETR ou la SPLU ceci peut s'expliquer car :

- les débuts de cycle ont été parfois difficile (Tahoua, Filingué, Zinder).

- le facteur hydrique n'a été en général pas limitant durant la période sensible.

Les rendements en mil pur ont été caractérisés cette année par un seuil de rendement espéré de l'ordre de 300 kg/ha mettant en évidence compte tenu de la bonne pluviométrie :

- le potentiel du sol

- Une plage de réponse à l'eau relativement faible traduisant un faible niveau de technicité et d'intrant. L'eau supplémentaire permettant d'élever les rendements à plus de 300 kg/ha est mal valorisée. La terre est peu travaillée, la fertilité est faible provoquant des ruissellements importants et une faible capacité de rétention du réservoir sol.

Les densités culturales pratiquées du fait de leur grande variabilité introduisent une grande dispersion dans les relations pouvant être établies avec les paramètres de sortie du bilan hydrique simulé. Les ETR simulées pour les cultures peu denses sont surestimées, on réduit d'autant plus la plage de réponse à l'eau.

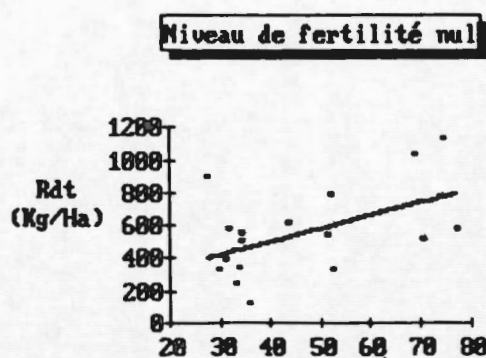
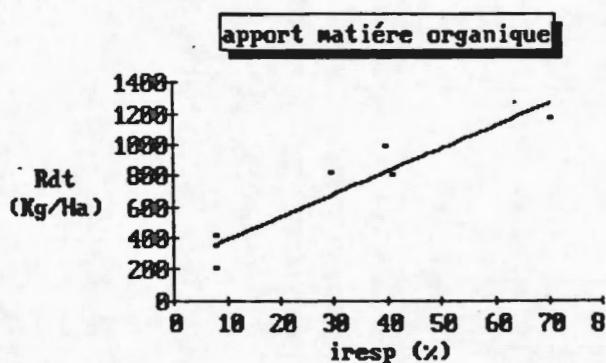
## 6.4.3

Perspectives pour l'an prochain

Suite aux premiers résultats de cette année, des conclusions et mesures à prendre doivent être formulées pour mieux valoriser les actions qui seront menées sur le dispositif en 1989.

Ces mesures concernent:

- Critère de choix du paysan
- nombre de champs par culture
- nombre de répétitions et surface
- Calcul du rendement au moment de la récolte.
- Sélection d'une densité bien définie
- Comparaison fertilité nulle et élevée (cf graphe ci dessous).



PARTICIPANTS DU PROGRAMME ESPACE NIGER Campagne Agricole 1988
--

Centre AGRHYMET

- B. CORTIER
- N. GANZIN
- T. NEGRE

D.M.N.

- ALIO MAIDOUKIA
- LABO MOUSSA
- ISSA MAIGUIZO

Statistiques Agricoles (Ministère de l'Agriculture)

- DADY DAN BAKOYE
- M. MAHAMANE (Zinder)

Sur le terrain :

## Correspondants

## Zone de Zinder :

- Guidimouni : ISSA BAKOULA
- Dogo : SOULEY MOUSSA
- Diyakaya : MAHAMADOU KAZA
- Garagoumsa : ISSOUFOU LASSAN
- Kantché : MOUSSA DAN JOUMA
- Dan Barto : SOULEYMANE ABOUBACAR
- Yaouri : ISSOUFOU ABBA
- Zinder : SALISSOU ISSA

## Zone de Niamey - Filingué - Tahoua - Birni N'Konni - Dosso

- Bonkougou - Fandara : OUMAROU SOULERY
- Baleyara : Projet DHHV - M. NOK VANDE LEGEN BERG
- Chikal : Station Agro Météo : M. SOULEY NAJIMA
- Filingué : M. SANI YAHAYA
- Loga : ALLAHOUBA MOUSSA
- Toukounous : M. SANI YAHAYA
- Keita : Projet Intégré FAO M. TCHIFFA MAMANE
- Tahoua : M. SEYDOU SOULEYMANE
- Illéla : M. BETY ALI
- Birni N'Konni : M. MAMANE MAGAGI
- Dogon Douchi : M. DAGADOU ALI
- Dosso : M. ASSANE ABDOU
- Birni N'Gaouré : M. MAMANE ZANGUI

- Hamdallaye
- Goubé
- Tagabati
- N'DOUNGA

Projets pilotes AGRHYMET/DMN



### 7.3. BILAN DES TRAVAUX - RESEAU ESPACE MALI 1988 -

#### I.1) RAPPEL DES OBJECTIFS.

Le suivi de l'hivernage, initié en 1986, s'effectue dans l'objectif de cerner les facteurs d'élaboration du rendement des principales cultures en milieu paysan. Ces facteurs sont essentiellement la pluviométrie, les délais de réalisation des travaux culturaux, l'apport ou non de fertilisants, les maladies et dégâts des cultures.

Il est évident que les conditions socio-économiques jouent un rôle important. Pour cette raison, le suivi a été effectué sur des parcelles paysannes et non dans les différentes stations de recherche où les cultures sont le plus souvent dans des situations optimales.

Il est d'ailleurs important de travailler en milieu paysan puisque le but de cette étude est aussi d'établir des relations permettant d'estimer au plus tôt les rendements dans les différentes régions.

#### I.2) METHODOLOGIE.

Le suivi de l'hivernage 1988 s'est effectué à trois niveaux :

- suivi de parcelles paysannes avec des observateurs à plein temps.
- suivi léger de quelques parcelles sur un site donné.
- suivi d'un terroir villageois avec mesures de l'humidité du sol sur trois niveaux de la toposéquence.

##### I.2.1) Suivi lourd.

Sur les sites de Cinzana, Kita, Longorola, Koporo et Kassela, des observateurs ont suivi les champs paysans tout au long de la saison.

En complément des fiches d'enquêtes ESPACE, ils ont essayé de cerner les contraintes d'ordre organisationnel pouvant significativement influencer la production d'un champ : dates de semis, délais de sarclage, fumure, nombre d'actifs, proximité du village ....

Ce dernier facteur explique souvent la qualité de l'entretien des champs. Il a été constaté sur la presque totalité des sites que les champs les plus proches (champs de case) reçoivent beaucoup de fumure organique (parcage, fumier, poudrette, ...) et sont sarclés dans les meilleurs délais.

Pour cela, un protocole a été établi et mis à leur disposition. Leur travail a consisté :

- à suivre tous les champs de certains paysans et à identifier ainsi au moins 30 champs par site. Cela revient à suivre les champs de six à dix paysans par localité, chaque paysan ayant au moins trois champs différents.
- à placer dans chaque champ au moins trois carrés de 25m<sup>2</sup> dans le but d'y relever les dates des différentes opérations culturales, les dates d'apparition des principales phases, phénologiques et de mesurer les composantes du rendement (nombre d'épis, densité, poids de grain ...).
- à suivre l'état général des cultures et l'évolution des différentes maladies et prédateurs.

Tous ces résultats sont consignés d'une part dans les bulletins d'enquête ESPACE, d'autre part, sur des fiches décennaires expédiées régulièrement à Bamako (voir annexe : fiches décennaires et fiches des phases phénologiques).

L'exploitation de ces fiches décennaires a permis de suivre l'évolution de la campagne et de fournir des renseignements au groupe de travail pluridisciplinaire (GTP) créé au sein de la METEOROLOGIE NATIONALE.

### I.2.2) Suivi léger.

Dans le but d'avoir des données sur un plus grand nombre de sites, des fiches ESPACE ont également été distribuées dans le réseau des PAR de la SRCFJ et à Baramandougou. Etant donné l'absence d'observateurs à plein temps dans ces localités, nous nous sommes limités aux renseignements obtenus auprès des paysans sur les calendriers culturels et aux rendements mesurés sur des carrés placés par nos soins.

### I.3) RESULTATS ET INTERPRETATION.

#### I.3.1) Considérations générales.

En 1988, environ 300 fiches d'enquête ESPACE ont été traitées dans le réseau des PAR de la SRCVO et de la SRCFJ. Leur répartition par sites et par cultures est donnée dans le tableau n°1.

Tableau n°1 : Répartition des bulletins d'enquête ESPACE par site et par culture.

LOCALITES	CULTURES						TOTAL
	mil	ara-chide	sorgho	maïs	niébé	riz	
Baramandougou	4	4	2	0	0	0	10
Cinzana	12	13	13	2	4	0	44
Kita	10	7	7	4	0	0	29
Koporo	22	8	0	0	0	0	30
Kassela	67	4	3	0	0	0	74
Longorola	11	1	7	8	0	1	28
N'tarla	/	/	/	/	/	/	30
Bobougou	0	0	50	0	0	0	50
TOTAL	126	37	83	14	4	1	295

Remarque : un rapport détaillé des travaux de recherche menés dans le cadre du projet ESPACE sera édité et mis à la disposition des utilisateurs sur leur demande.



L'ordre d'implantation des cultures selon l'avancée de l'hivernage est un phénomène non négligeable. En effet, dans les zones comme Koporo et Kassela les paysans sèment presque à sec et en premier lieu les mils.

Ainsi, les sorghos et les mils sont généralement semés dès les premières pluies, sans préparation du sol.

En revanche, à Longorola et au sud en général, la priorité est accordée au maïs, qui exige une préparation préalable du sol. Ce n'est que 30-40 jours après que les mils sont semés, et très souvent en association avec le maïs. Les autres spéculations viennent ensuite (sorgho, arachide, riz pluvial, etc...).

Il faut également noter la différence de variétés sur l'axe nord-sud. Le plus souvent, les variétés à cycles courts (90 jours ou moins) sont cultivées dans les zones nord, et celles à cycles longs (120 jours et plus) prédominent dans le sud.

#### Conditions de semis

Contrairement à l'an dernier, les dates de semis diffèrent peu sur un même site. La pluviométrie a été très bien répartie dans le temps.

A Kassela, quelques ressemis ont été effectués car les premiers semis réalisés entre le 19 et le 25 juin, après des pluies de moins de 20 mm, ont échoués. Ce n'est que le 10 juillet, après une pluie de 98,5 mm que la campagne a sérieusement démarré.

A Cinzana, le mois de juin a été déficitaire et les semis ont eu lieu massivement début juillet après des pluies importantes ( mm).

A Koporo, la majorité des paysans a semé le 16 juin après une pluie de 15 mm tombée la veille.

A Kita, les mils et sorghos ont été semés massivement après la pluie de 30 mm enregistrée le 25 mai.

A Longorola, le système de culture fait que les dates de semis ne sont pas forcément liées aux premières pluies. De ce fait, bien qu'ayant été possibles dès le mois d'avril, les semis n'ont été réalisés que deux mois plus tard, début juin.

D'une manière générale, l'installation des cultures a été très bonne, malgré des retards enregistrés dans certaines localités (Cinzana et Kassela).

Jusqu'au 31 août, aucun stress hydrique notoire n'a été constaté. On note même quelques cas d'inondation des parcelles de mils et de sorghos, situées en bas de toposéquence ou dans des bas-fonds. En effet, les années de sécheresse consécutives ont conduit les paysans à déplacer les cultures sèches vers les bas fonds.

Ce n'est que pendant la période de maturation (fin septembre - début octobre) que les pluies se sont faites rares dans certaines localités (Cinzana, Kopro, Kassela). Toutefois, ce manque de pluies en fin de cycle n'a pas eu d'effets indésirables sur la majeure partie des cultures, du fait de l'importance des stocks hydriques dans le sol.

### I.3.2) Rendements en mil et comparaison avec 1987.

Les rendements obtenus en mil varient beaucoup selon les sites. Ils sont compris entre 133 et 3000 kg/ha, la moyenne est de 1300 kg/ha.

Nous avons voulu voir dans quelle mesure des variables climatiques expliquent une telle variabilité des rendements.

Pour cela, nous avons effectué pour chaque parcelle de mil une simulation du bilan hydrique avec le logiciel BIP.

Nos hypothèses et conditions de travail sont les suivantes :

- pour toutes les parcelles, la réserve utile est 80 mm.
- le ruissellement est considéré nul.
- selon la situation géographique des parcelles et les durées réelles des cycles connues grâce aux fiches, nous avons considéré 3 longueurs de cycles : 90, 120, 150 jours.
- chacun de ces cycles comprend 4 phases (IDV, FL1, FL2, MATU) et la longueur de chacune de ces phases est fixe. Par conséquent, le découpage de ces cycles est théorique et ne correspond donc pas toujours à la réalité (retard de floraison, cas des mils photopériodiques ...).

Des études précédentes ont montré que les deux variables climatiques suivantes expliquent en grande partie la variabilité des rendements :

- ETR/ETMcycle qui traduit le taux de satisfaction des besoins en eau au cours du cycle.
- Iresp qui est l'indice agroclimatique de rendement espéré. Cette variable a déjà été utilisée avec succès en Côte d'Ivoire, au Brésil et l'an dernier au Mali.

Cet indice est calculé ainsi :

$$I_{resp} = ETR/ETM_{cycle} * ETR/ETM(\text{période critique})$$

La période critique correspond à la phase floraison-remplissage des grains.

Sur un site donné, la valeur de ces indices varient peu d'une parcelle à l'autre puisque les semis ont presque tous eu lieu en même temps. Par contre, les rendements sont très différents (délai de sarclage, fumure ou non ...). Nous avons donc décidé de faire les régressions non pas sur chacun des points obtenus mais sur les moyennes de chaque site (rendement moyen, ETR/ETMcycle moyen, Iresp moyen).

Les valeurs utilisées sont données dans le tableau n° 2.

Tableau n°2: Rendements grains du mil en kg/ha,  
ETR/ETMcycle, Iresp pour les différents sites.  
Hivernage 1988

SITES	Rdt grains	ETR/ETMcycle	Iresp
Baramandougou	1240	83	7788
Cinzana	1327	65	5393
Kassela	1751	88	7746
Kita	808	79	6551
Koporol	482	61	3802
Koporo2	385	68	5671
Longorola	620	69	5908

Nous donnons en annexe les résultats bruts ayant servi au calcul de ces moyennes.

Nous allons maintenant détailler les résultats obtenus avec chacune de ces variables explicatives.



a).Relation entre rendement et ETR/ETMcycle.

L'équation de régression illustrant cette relation est la suivante :

$$\text{Rdt} = 46.3 * \text{ETR/ETMcycle} - 2576$$

$$\text{avec } r = 0,91 \quad r^2 = 0,83 \quad p = 1 \% \quad 6 \text{ points}$$

Elle correspond au nuage de points de la figure n° 1 et a été établie sans les données de Cinzana. En effet, l'observateur de Cinzana nous a signalé des problèmes de balance pouvant être à la base d'une surestimation des rendements (point excentré en haut).

Signalons que l'apport de fumure organique constitue un facteur non négligeable dans l'élaboration du rendement. Ainsi, sur 124 parcelles de mil, 58 ont reçu de la fumure organique d'origines diverses. Sur ces parcelles, la moyenne des rendements est de 1676 kg/ha, ce qui est supérieur de 42 % au rendement moyen des parcelles n'ayant pas reçu de matière organique. Cette très nette différence nous a conduit à analyser séparément les résultats de ces deux types de champs. Nous obtenons les relations suivantes:

pour les parcelles fumées:

$$\text{Rdt} = 33,6 * \text{ETR/ETMcycle} - 1312$$

$$\text{avec } r = 0,82 \quad r^2 = 0,67 \quad 4 \text{ points.}$$

pour les parcelles non fumées:

$$\text{Rdt} = 45.5 * \text{ETR/ETMcycle} - 2642$$

$$\text{avec } r = 0,99 \quad r^2 = 0,98 \quad 5 \text{ points.}$$

La figure n°2 représente le nuage de points illustrant ces deux relations. Etant donné le petit nombre de points pour cette année, ces regressions ne sont qu'indicatives. Une attention particulière devra être accordée à ce aspect dans les années à venir.

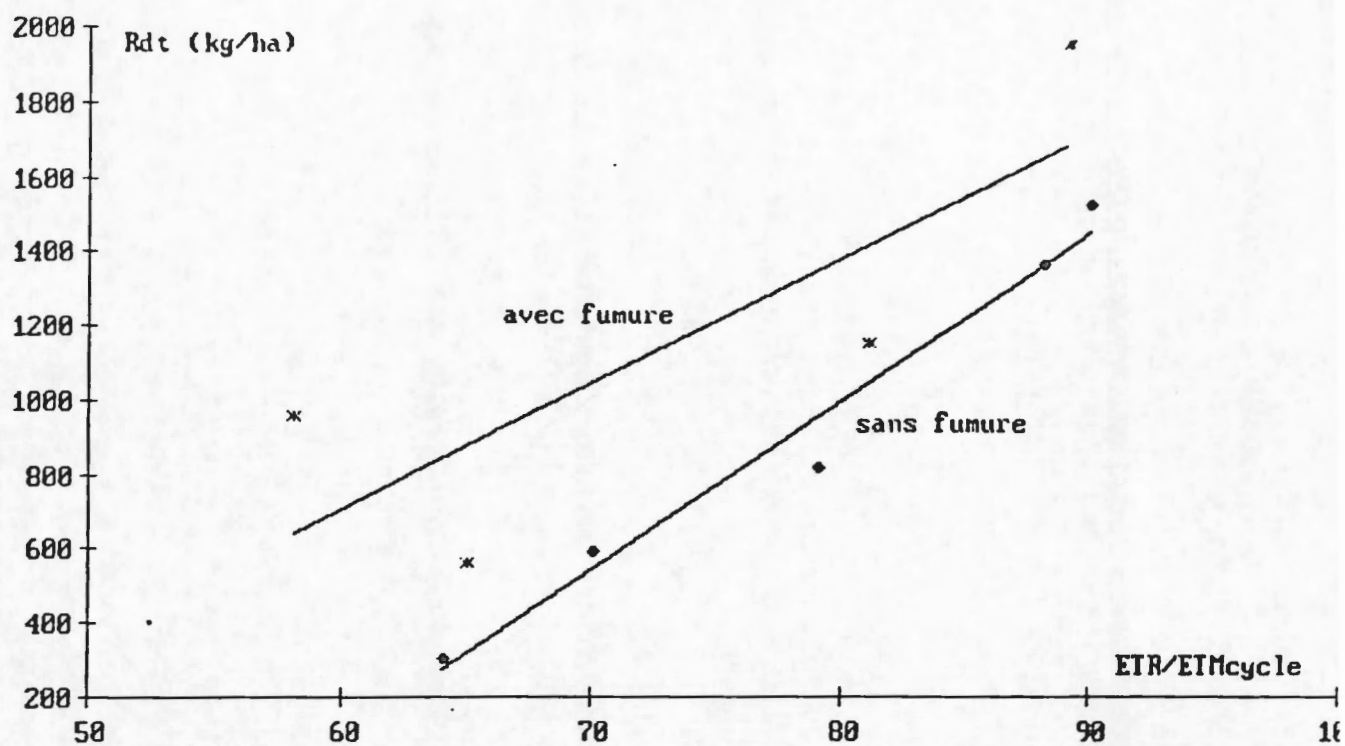


Figure 1

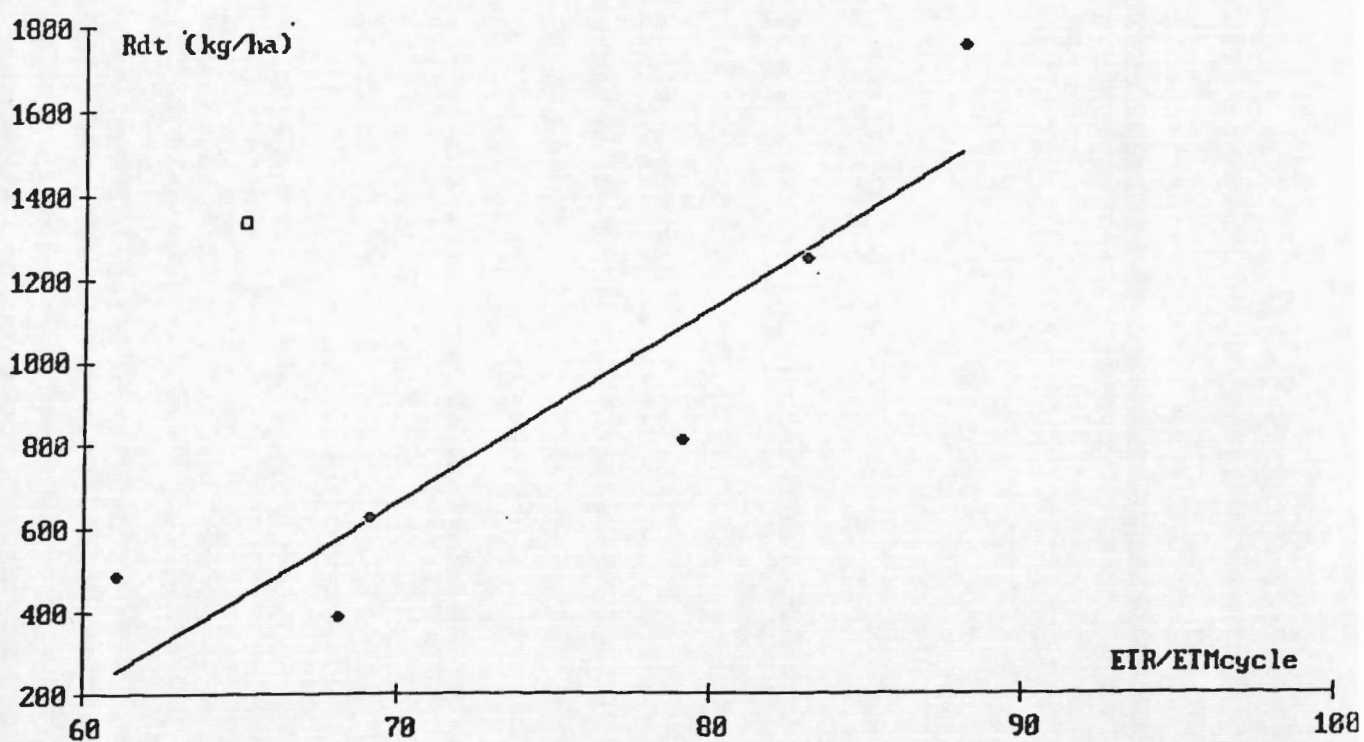


Figure 2

Si maintenant nous ajoutons aux observations de cette année celles de l'année dernière, (Tableau n°3 et annexes) nous obtenons les relations suivantes :

$$\text{Rdt} = 32.5 * \text{ETR/ETMcycle} - 1587$$

avec  $r = 0,83$      $r^2 = 0,69$      $p = 0.1 \%$     16 points

pour toutes les parcelles confondues

et

$$\text{Rdt} = 31,6 * \text{ETR/ETMcycle} - 1552$$

avec  $r = 0,87$      $r^2 = 0,76$      $p = 0,1 \%$     15 points

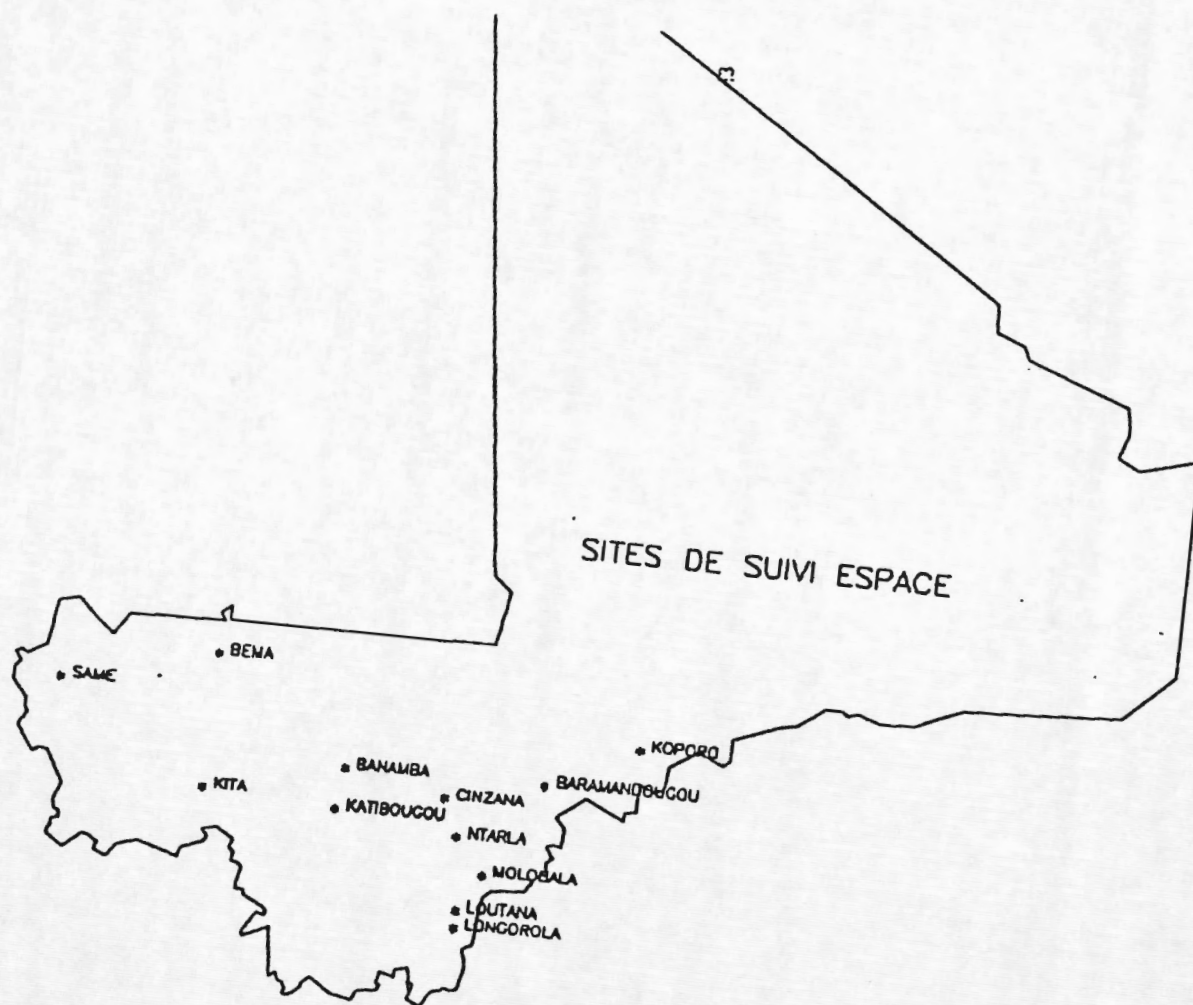
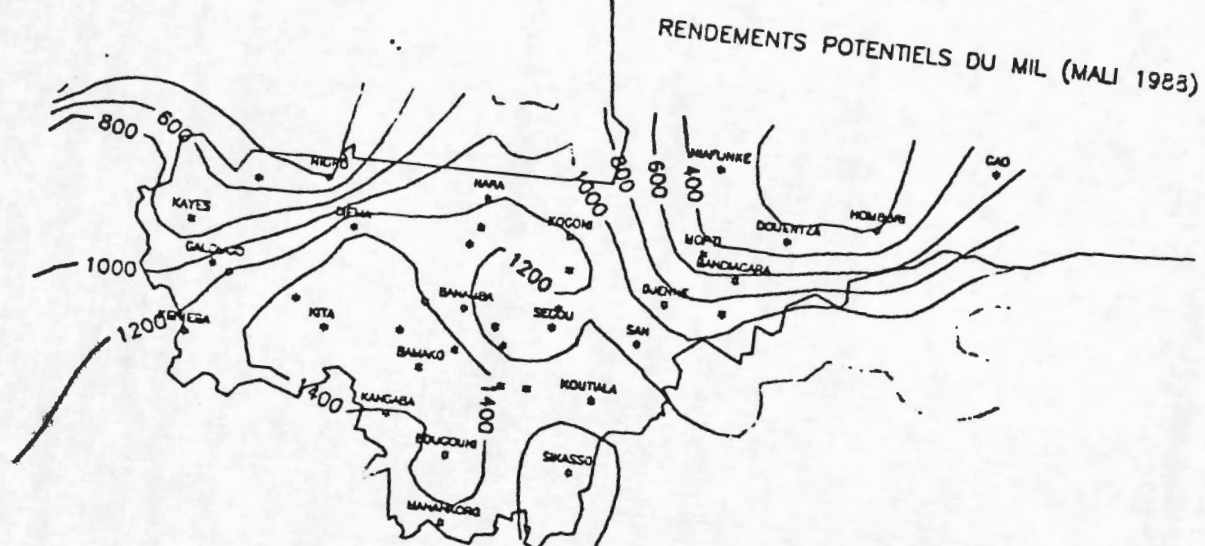
pour les parcelles sans fumure

Tableau n°3: Rendements grains du mil en kg/ha,  
ETR/ETMcycle, Iresp pour les différents sites.  
Hivernage 1987

SITES	Rdt grains	ETR/ETMcycle	Iresp
Baramandougou	697	70	4101
Bema	677	65	3901
Cinzana	690	83	7022
Katibougou	964	82	7303
Kita	939	76	6729
Koporo	261	58	2378
Longorola	714	65	5395
Loutana	1548	92	7820
Molobala	529	77	5236
Same	455	59	2773

Les pentes des deux droites n'étant pas significativement différentes, nous maintenons la dernière à cause de son meilleur coefficient de corrélation et du fait que les parcelles non fumées sont de loin les plus nombreuses. Les figures n°3 et n° 3bis représentent le nuage de points et l'intervalle de confiance de cette droite de régression.





### b).Relation entre rendement et Iresp

Comme précédemment signalé, l'observation de Cinzana et correspond à un résidu douteux dans la régression obtenue. Nous avons à nouveau éliminé ce point. Dans ce cas, l'équation de régression est la suivante :

$$\text{Rdt} = 0.29 * \text{Iresp} - 904$$

avec  $r = 0.82$      $r^2 = 0,67$      $p = 5 \%$     6 points

La relation obtenue avec les résultats des deux années (1987 et 1988) est la suivante:

$$\text{Rdt} = 0.18 * \text{Iresp} - 206$$

avec  $r = 0,79$      $r^2 = 0,62$      $p = 0,1\%$     16 points

La figure n° 4 illustre cette relation.

Figure n° 4 : rendements de mil en kg/ha en fonction de Iresp (1987-1988)

Comme il a été défini plus haut, l'indice agroclimatique IRESP intègre la satisfaction des besoins en eau pendant la période critique de manière à faire ressortir toute l'importance que cette phase peut avoir sur la production des plantes.

Toutefois, il faut noter que le découpage du cycle végétatif en quatre phases ne prend pas bien en compte les réalités observées sur le terrain. Les stades végétatifs réels et simulés ne concordent pas toujours.

C'est pourquoi, à notre avis, ETR/ETMcycle explique une plus grande part de la variabilité des rendements que Iresp (69% contre 62%).

Pour cette raison nous avons utilisé la relation obtenue entre le rendement du mil et ETR/ETMcycle pour établir la carte des rendements potentiels de mil à l'issue de l'hivernage 1988.

La figure n°5 illustre ces résultats. On constate que les rendements sont répartis de la même manière que la pluviométrie.

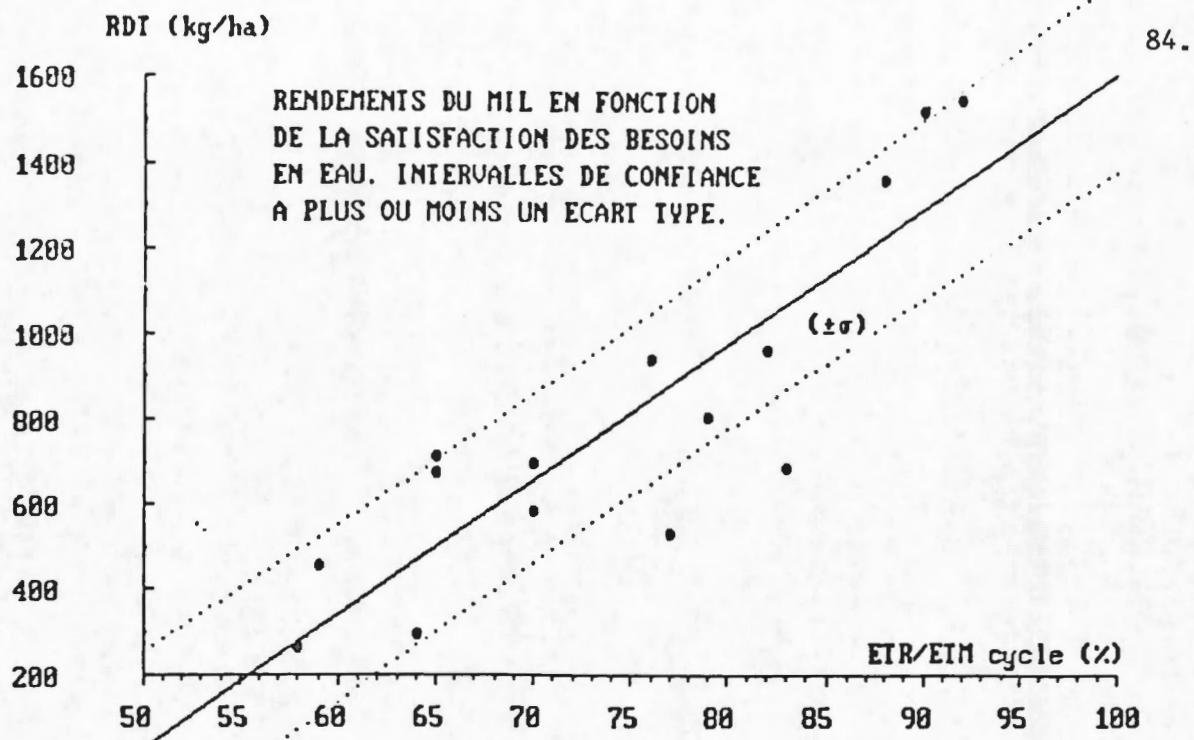


Figure 3

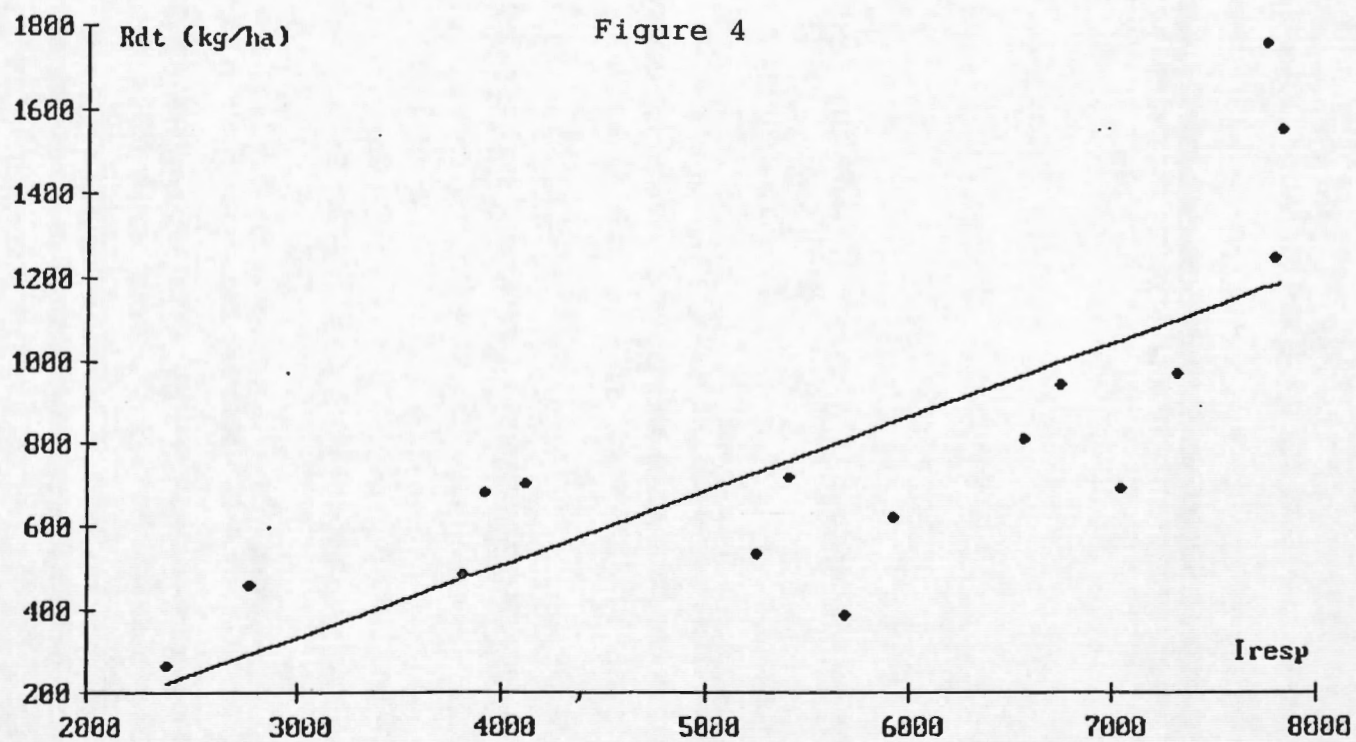


Figure 4



#### I.4) CONCLUSION ET SUGGESTIONS

L'analyse des résultats obtenus pendant la campagne agricole 1988-1989 nous a permis d'établir une relation entre le rendement grain du mil et les paramètres du bilan hydrique qui sont: la satisfaction des besoins en eau au cours du cycle végétatif (ETR/ETMcycle) et l'indice agroclimatique de rendement espéré (IRESP). Nous avons constaté:

- que cette relation est plus facile à établir avec les moyennes rendements obtenus par sites qu'avec les résultats parcellaires. Cela implique donc la prise en compte d'un très grand nombre de parcelles d'une même spéculation pour que la moyenne soit représentative de la région concernée.

exemple: 3 sorghos à Kassela      1 seul riz pluvial

- que les parcelles se trouvant dans des conditions différentes de fumure et d'entretien ont une réponse à l'eau différente. Le traitement séparé de deux groupes de champs: avec et sans fumure organique a montré cette différence. Par conséquent, les résultats obtenus dans les champs dits "de case", qui sont les plus favorisés dans l'apport de fumure organique, doivent être analysés à part.

Il a été également constaté l'universalité de la culture du mil dans tous les sites suivis et sa prédominance par rapport aux autres spéculations. Une attention particulière doit donc être accordée à cette culture et aux autres céréales (sorgho et maïs) qui, sans nul doute, constituent la base de l'alimentation des populations du Mali.

Il ressort donc de ces constatations que pour une plus grande efficacité, le suivi de l'hivernage dans le cadre du programme ESPACE doit avoir comme soucis majeur:

- la diversification des situations géographiques ou plus exactement la bonne répartition dans l'espace des sites de suivi;
- la concentration des efforts sur une ou deux spéculations afin de pouvoir multiplier le nombre de parcelles suivies.

**Annexe 1. RESULTATS DE L'ENQUETE SUIVI D'HIVERNAGE 1988  
AU MALI: MIL**

Nom de la Station	Date de semis	Type de fumure	Rdt grain	ETR/ETM cycle	ETR/ETM p. c.
BARAMANDOU	17/06/88	PARCAGE	1300	79	94
BARAMANDOU	02/07/88	PARCAGE	1180	90	94
BARAMANDOU	05/07/88		1520	90	94
BARAMANDOU	23/07/88	PARCAGE	960	74	92
CINZANA CA	11/06/88		834	84	94
CINZANA CA	11/06/88		781	68	87
CINZANA CA	13/06/88		1085	68	87
CINZANA CA	15/06/88		1116	54	52
CINZANA CA	16/06/88		940	58	62
CINZANA CA	05/07/88		545	65	93
CINZANA CA	15/07/88		2819	55	83
CINZANA CA	17/07/88		1532	51	72
DOUNA	09/06/88		1027	87	88
DOUNA	05/07/88		1674	67	94
DOUNA	15/07/88		2240	57	87
KITA PAR	28/05/88		867	77	82
KITA PAR	28/05/88		993	77	82
KITA PAR	28/05/88		733	77	82
KITA PAR	28/05/88		680	77	82
KITA PAR	29/05/88		1600	95	94
KITA PAR	30/05/88		793	77	82
KITA PAR	30/05/88		500	77	82
KITA PAR	30/05/88		613	77	82
KITA PAR	06/06/88		900	74	72
KITA PAR	23/06/88		400	84	84
KOPORO O.M	16/06/88	PARCAGE	300	60	62
KOPORO O.M	16/06/88		333	60	62
KOPORO O.M	16/06/88	FUMIER	560	60	62
KOPORO O.M	16/06/88		113	60	62
KOPORO O.M	16/06/88	FUMIER	540	60	62
KOPORO O.M	17/06/88		287	60	62
KOPORO O.M	17/06/88		187	60	62
KOPORO O.M	17/06/88		480	60	62
KOPORO O.M	25/06/88	PARCAGE, FU	1167	60	62
KOPORO O.M	04/07/88	FUMIER	360	70	64
KOPORO O.M	04/07/88	FUMIER	393	70	64
KOPORO O.M	09/07/88	PARCAGE, FU	1060	57	56
KOPORO PAR	16/06/88	FUMIER	327	70	86
KOPORO PAR	16/06/88	fumier	393	70	86
KOPORO PAR	16/06/88		327	70	86
KOPORO PAR	16/06/88		247	70	86
KOPORO PAR	16/06/88		340	70	86
KOPORO PAR	16/06/88		360	70	86
KOPORO PAR	16/06/88	FUMIER	413	70	86
KOPORO PAR	24/06/88		387	67	81
KOPORO PAR	25/06/88		313	67	81
KOPORO PAR	02/07/88		147	59	63

**Annexe 1. RESULTATS DE L'ENQUETE SUIVI D'HIVERNAGE 1988  
AU MALI: MIL (suite)**

Nom de la Station	Date de semis	Type de fumure	Rdt grain	ETR/ETM cycle	ETR/ETM p. c.
LONGOROLA	20/06/88		720	77	94
LONGOROLA	23/06/88		547	73	93
LONGOROLA	24/06/88		293	73	93
LONGOROLA	27/06/88		853	69	91
LONGOROLA	27/06/88		940	69	91
LONGOROLA	28/06/88		593	69	91
LONGOROLA	02/07/88		307	86	88
LONGOROLA	11/07/88		527	58	70
LONGOROLA	12/07/88		540	65	86
LONGOROLA	12/07/88		540	58	70
LONGOROLA	15/07/88	COTON GRAI	953	58	70
KASSELA	17/06/88		720	94	94
KASSELA	17/06/88	FUMIER	1930	83	83
KASSELA	19/06/88	fumier+par	1170	91	89
KASSELA	19/06/88	FUMIER+PAR	890	91	89
KASSELA	19/06/88	FUMIER	2260	91	89
KASSELA	19/06/88	FUMIER	2620	91	89
KASSELA	19/06/88		2392	91	89
KASSELA	23/06/88	PARCAGE, F	1035	88	87
KASSELA	23/06/88	fumier+par	2087	91	89
KASSELA	24/06/88	parcage+fu	1420	91	89
KASSELA	24/06/88	fumier+par	2793	91	89
KASSELA	24/06/88	FUMIER	1713	95	94
KASSELA	24/06/88	FUMIER	2007	95	94
KASSELA	25/06/88	parcage+fu	987	88	87
KASSELA	25/06/88	FUMIER	1640	91	89
KASSELA	25/06/88	FUMIER	2180	88	87
KASSELA	25/06/88	FUMIER	1333	95	94
KASSELA	25/06/88		2290	95	94
KASSELA	25/06/88	PARCAGE	1980	83	83
KASSELA	25/06/88		870	95	94
KASSELA	26/06/88		2200	95	94
KASSELA	09/07/88		1680	91	89
KASSELA	10/07/88	FUMIER	2770	95	94



#### 7.4. EVALUATION ET SUIVI DE LA PRODUCTION AGRICOLE EN FONCTION DU CLIMAT ET DE L'ENVIRONNEMENT - PROJET ESPACE -

##### BURKINA - FASO

#### INTRODUCTION

En 1988, l'opération du suivi d'hivernage du Projet ESPACE - AGRHYMET débutée en 1986 au Sénégal et au Mali a été étendue au BURKINA FASO et au Niger.

Pour cette première année du Projet, on note une mise en place tardive des fiches d'enquête sur le terrain. Néanmoins les fiches ont été placées dans plusieurs localités du pays à travers les Centres Régionaux de Promotion Agropastorale (CRPA).

Les enquêtes ont été réalisés pour la plupart dans des champs de paysans par les encadreurs des CRPA et là où c'était possible dans des essais agronomiques conduits hors station de recherche mais suivis par l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA) dans le cadre du Projet Engrais Vivriers ou du Programme Recherche sur les Systèmes de Production (RSP).

A la date du 15 Janvier, 1989, 161 fiches ont pu être récupérées et les données saisies sur micro-ordinateur.

Dans le but de simplifier le travail au niveau des enquêteurs qui ont quelque peu été "pris au dépourvu" il a été recommandé de suivre :

- . le mil dans la zone subsahélienne (pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 600 mm)
- . le sorgho dans la zone soudano-sahélienne (pluviométrie moyenne variant de 600 mm à 800 mm)
- . le maïs dans la zone soudano-guinéenne (pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 800 mm).

Le présent rapport fait le point sur les activités menées et les principaux résultats obtenus.

## I. - MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Choix des sites

C'est au cours d'une rencontre entre le Service des Statistiques Agricoles du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, le Service Agro-météorologie et l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA) que 40 localités ont été choisies pour servir de sites d'enquêtes, en plus des sites d'implantation des essais du Projet Engrais Vivriers (cf. carte).

Les critères suivants ont prévalu dans le choix de ces sites :

- . position géographique afin d'avoir une certaine représentativité
- . accessibilité de la localité
- . situation de ces localités par rapport aux sites des essais du Projet Engrais Vivriers.

En effet, deux fiches d'enquête ont été placées sur chaque site du Projet Engrais Vivriers en vue de suivre les traitements suivants :

- Témoin : c'est-à-dire sans aucun apport d'engrais
- 5 T/ha de matière organique (fumier ou compost) + 400 kg/ha de phosphate naturel en fumure de fond + urée en fumure complémentaire (50 kg/ha pour le mil et sorgho et 100 kg/ha pour le maïs).

### 1.2. Méthodes de suivi et évaluation de la campagne

En chaque site on a placé 3 fiches d'enquête pour suivre 3 champs différents autour d'un même pluviomètre.

Les informations à recueillir concernent :

- la pluviométrie journalière
- la position du champ dans la toposéquence

- la nature du sol
- les techniques culturales
- la plante
- le suivi de la culture : dates et mode de semis
- l'état de la culture
- les rendements et les composantes du rendement.

La réponse à l'eau de la culture est appréciée à partir de la simulation du bilan hydrique qui permet de noter l'indice de satisfaction des besoins en eau à chaque stade végétatif de la plante.

L'indice de rendement espéré IRESP a été calculé selon la relation :

$$\text{IRESP} = \frac{\text{ETR}}{\text{ETM}} \text{ (cycle)} \times \frac{\text{ETR}}{\text{ETM}} \text{ (période critique)}.$$

Pour les céréales la phase épiaison-floraison ( $\text{Fl}_1$  ou  $\text{Fl}_2$ ) est la période critique pour l'alimentation hydrique de la culture.

## II. - RESULTATS - DISCUSSIONS

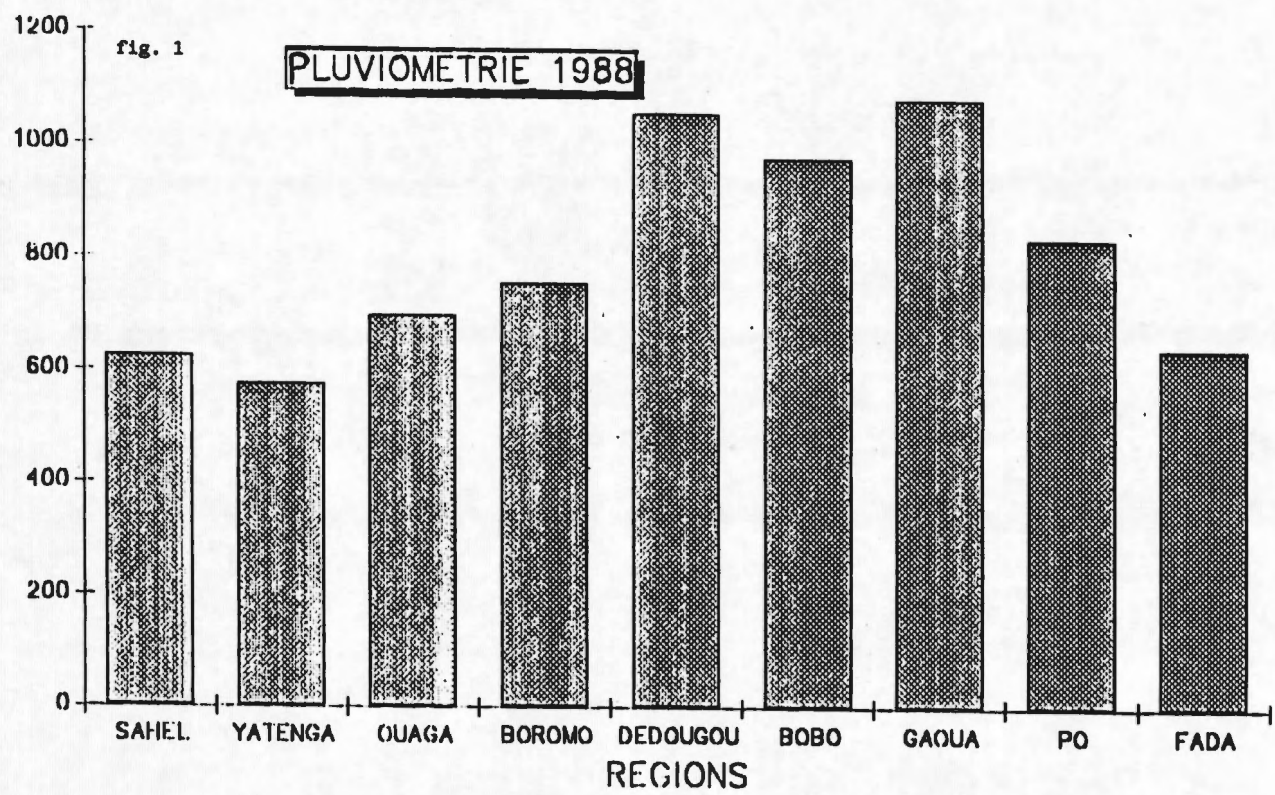
### 2.1. Situation pluviométrique

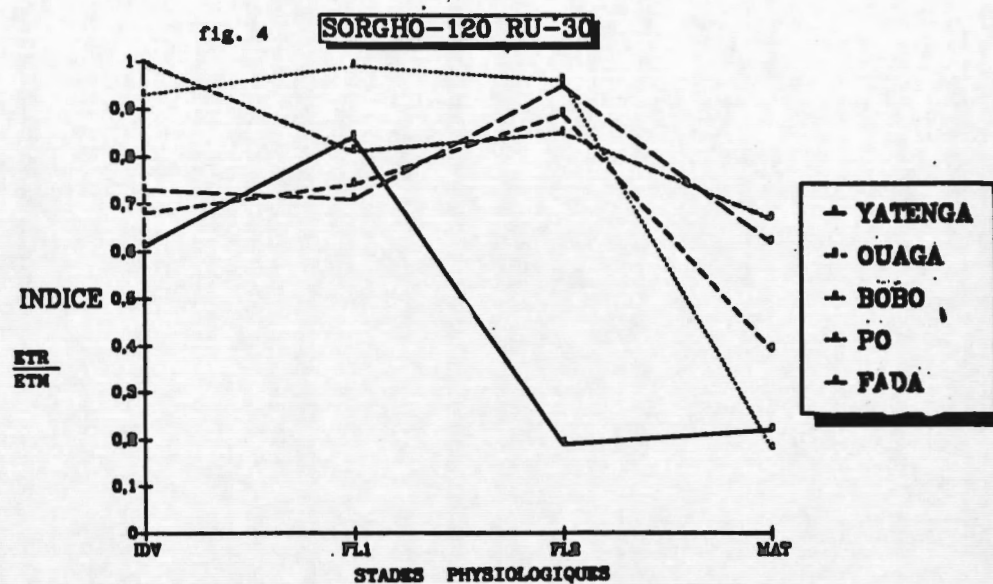
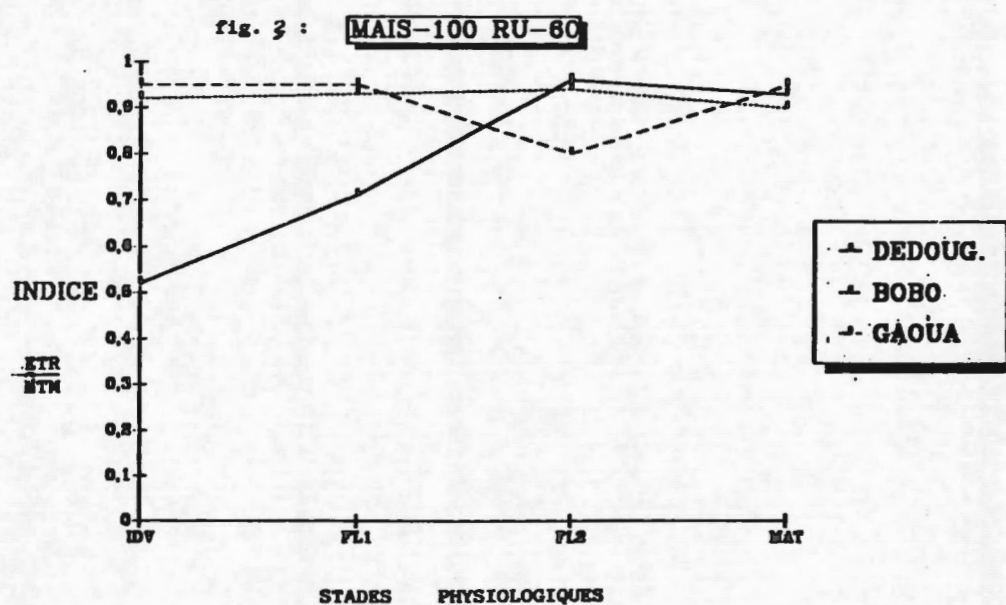
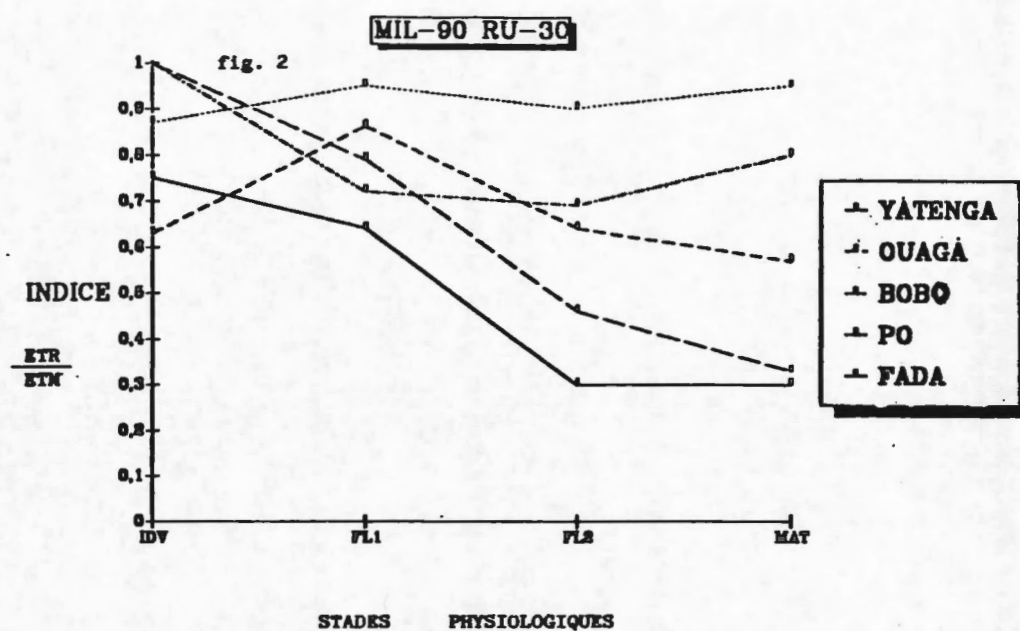
Dans tous les sites suivis, la pluviométrie de l'année 1988 a été satisfaisante. Dans aucun site on a enregistré une pluviométrie inférieure à 500 mm (fig. 1). Cette année, si les rendements obtenus sont correctement mesurés, ils devraient permettre de mettre en évidence les contraintes non hydriques sur la productivité des cultures.

### 2.2. Satisfaction des besoins en eau des cultures

L'indice  $\frac{\text{ETR}}{\text{ETM}}$  déterminé par la simulation du bilan hydrique montre (fig. 2 - 3 et 4) que :







- le mil 90 jours a connu une bonne installation dans tout le pays. Mais à la phase Fl<sub>2</sub> il y a eu des problèmes d'alimentation hydrique dans la zone subsaharienne (notamment dans le Yatenga) ce qui pourrait expliquer le bas niveau d'indice de rendement espéré ; obtenu par ailleurs (fig. 5)

- le maïs n'a pas connu de stress hydrique cette année ; mais peut être plutôt un excès d'eau en certaines localités

- le sorgho à cycle long a pu connaître des problèmes de manque d'eau en fin de cycle dans la zone soudano-sahélienne. Par contre la simulation du sorgho 120 jours au Yatenga montre que ce cycle n'est pas du tout adapté à cette zone.

Les indices de rendements espérés que nous avons calculé avec 3 hypothèses de niveau de réserve en eau du sol (RU = 30 mm ; RU = 60 mm et RU = 100 mm) montre que le mil 90 jours pouvait , non obstant les facteurs autres que hydriques, donner de très bons rendements dans tout le pays (fig. 5) à l'exception du Yatenga où on a de faibles IRESP.

En ce qui concerne le maïs, les valeurs de Iresp calculées montrent qu'en 1988 :

- il n'était pas possible de le cultiver en zone subsaharienne  
en zone sud soudano-sahélienne on peut espérer des rendements appréciables si le maïs est semé sur un sol disposant d'une RU d'au moins 60 mm.

Quant au sorgho, on devrait avoir des rendements élevés partout dans le pays avec les variétés à cycle court (90 jours) mais uniquement en zone soudano-guinéenne pour les variétés à long cycle (120 jours).

### 2.3. Rendements des cultures

Les fiches d'enquête présentant des résultats assez logiques ont permis de se rendre compte que les rendements moyens en 1988 sont les suivants



fig. 5 : MIL-90 BURKINA FASO

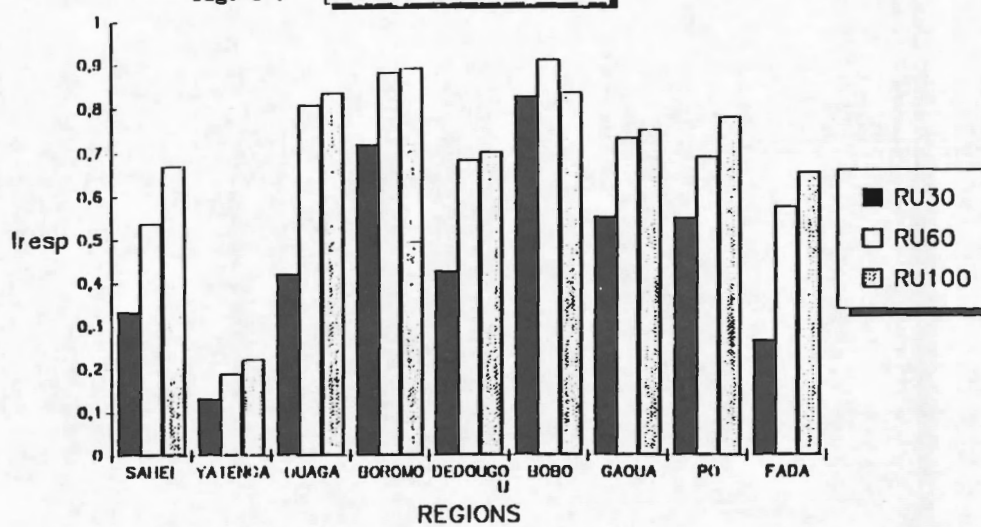
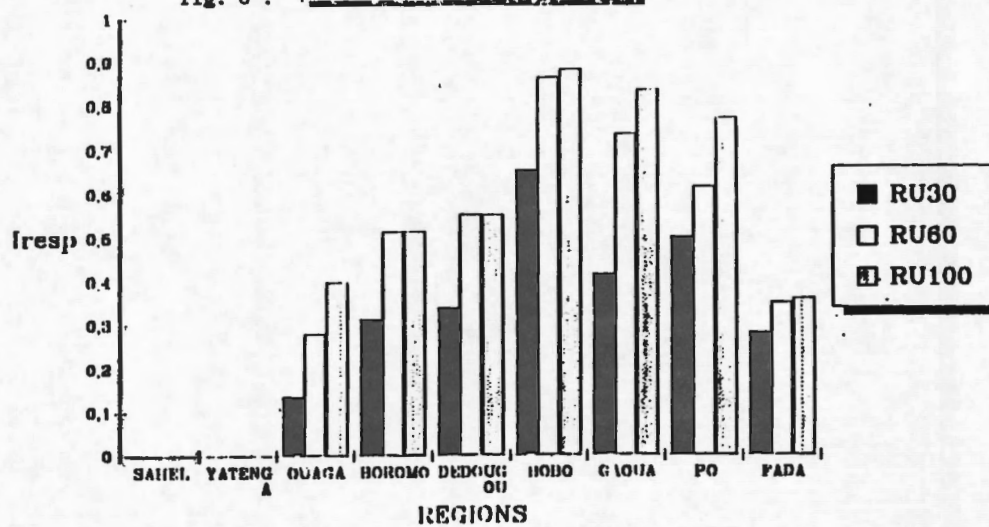


fig. 6 : MAIS-100 BURKINA FASO



Mil	:	600 - 850 kg/ha
Sorgho	:	800 - 1200 kg/ha
Maïs	:	1500 - 3000 kg/ha

La disparité des rendements obtenus nous impose une certaine réserve dans les informations obtenues en cette première année du Projet ESPACE ; l'analyse des résultats sera reprise en se basant uniquement sur les rendements obtenus dans les essais et tests réalisés en collaboration avec l'Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA).

### CONCLUSION

Les résultats des fiches d'enquête montrent de façon générale que beaucoup d'encadreurs ont eu des problèmes de compréhension dans ce qu'on leur demandait. Le caractère "improvisé" de l'opération en 1988 y est sans doute pour beaucoup de chose.

Le délai assez court au moment des récoltes (novembre-décembre) qui était imparti pour la collecte des fiches ne permettait pas d'avoir correctement toutes les informations souhaitées. C'est ainsi que plusieurs fiches du sud-ouest du pays nous ont été retournées sans les valeurs des pesées à la récolte.

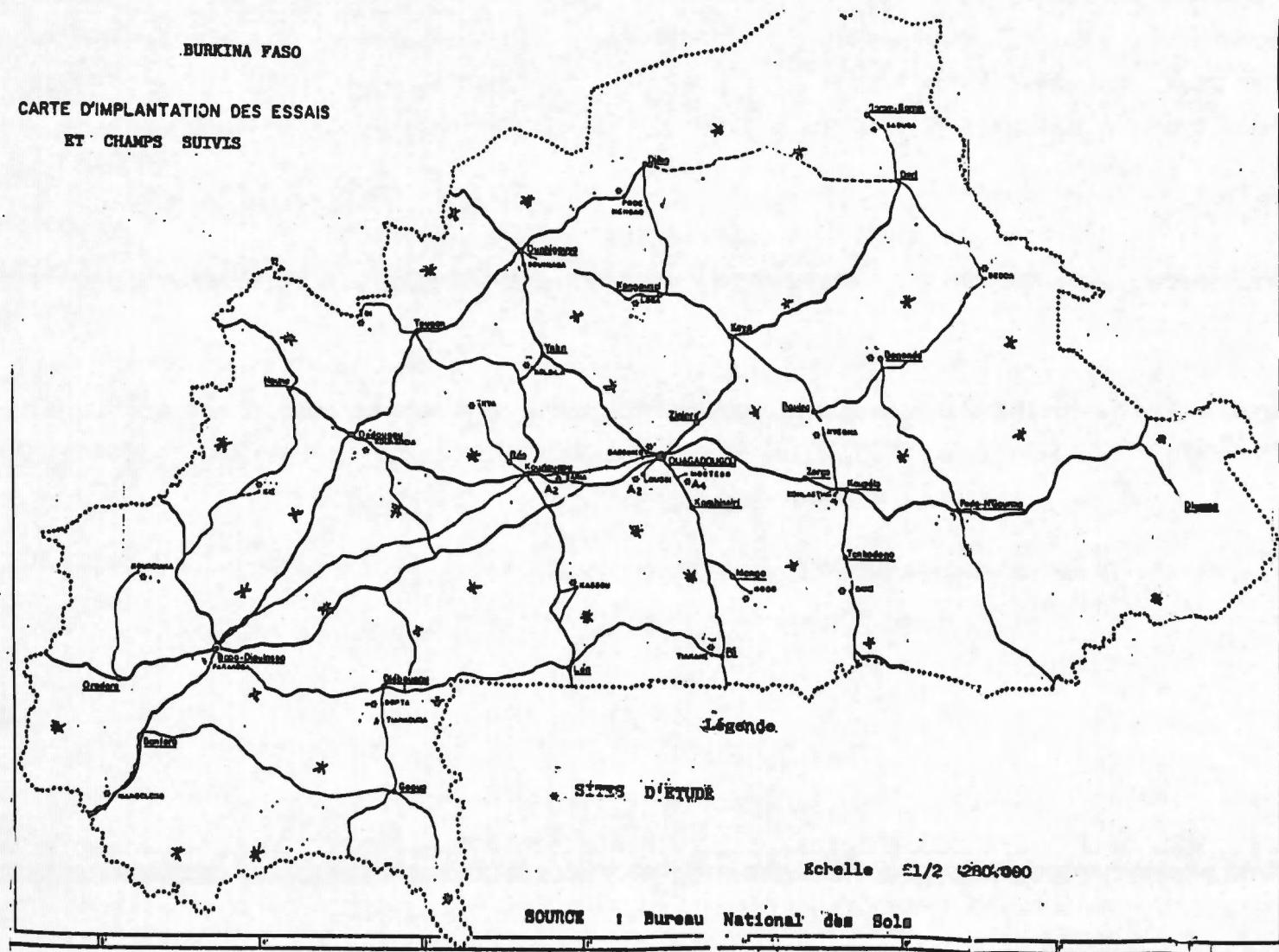
L'opération ESPACE a suscité un grand intérêt au niveau de tous les responsables du développement rural que nous avons eu à rencontrer.

En effet, les résultats obtenus devraient permettre aussi de vérifier les statistiques agricoles qui, ne l'oublions pas, sont collectées de la même manière auprès des mêmes agents de l'encadrement rural.

Pour 1989, il apparaît impérieux d'organiser au moins une session de formation et de sensibilisation des encadreurs concernés par cette enquête avant le début de la campagne agricole.

BURKINA FASO

CARTE D'IMPLANTATION DES ESSAIS  
ET CHAMPS SUIVIS





## 7.5. LE SENEGAL

### 7.5.1. Le dispositif parcelle

En 1988, 200 parcelles ont été implantées dans la zone correspondant au bassin arachidier. Les cultures, de mil et d'arachide ont fait l'objet d'un suivi et du remplissage du bulletin.

Compte tenu d'un hivernage très tardif, les cultures ont eu un développement végétatif très décalé par rapport aux situations normales. En Août, d'importantes pluies ont causé des dégâts aux cultures. Ainsi la période critique, donnant une explication satisfaisante du rendement par la formule IRESP est apparue en fin d'hivernage. Ce phénomène traduit un phénomène "d'extensification" des pratiques culturales (réduction voire accumulation de la fertilisation depuis 4 à 5 ans), ayant pour effet de reporter vers la fin de l'hivernage les phases sensibles de remplissage du grain.

Si l'on considère l'indice ETR/ETM période critique au moment des phases de floraison, la fonction de prévision du rendement régional donne la relation :

$$\boxed{\text{RDT} = 16 \text{ IRESP} - 200} \quad R^2 = 58 \%$$

Si l'on considère l'alimentation hydrique en phase de remplissage, maturation, l'explication du rendement est très sensiblement améliorée en raison d'un effet conjugué de la sécheresse à l'attaque de parasites (sésamies dans le Nord).

$$\boxed{\text{RDT} = 13 \text{ IRESP (2)}} \quad R^2 = 0,71$$

$$\text{avec : IRESP} = \frac{\text{ETR cycle}}{\text{ETM}} \times \frac{\text{ETR pc (phase maturation)}}{\text{ETM}}$$

Si l'on se réfère aux résultats des années précédentes, on retrouve le même type de réponse par rapport à l'indice IRESP. Toutefois le recours en 1988 à l'indice IRESP (2) met en évidence une nette dégradation de la valorisation de l'eau confirmant l'effet négatif de la pluviosité dans toutes les situations où le semis a été tardif et où la fertilisation est déficiente (effet de lessivage, acidification réduisant l'efficacité de l'eau kg grain/ETR).

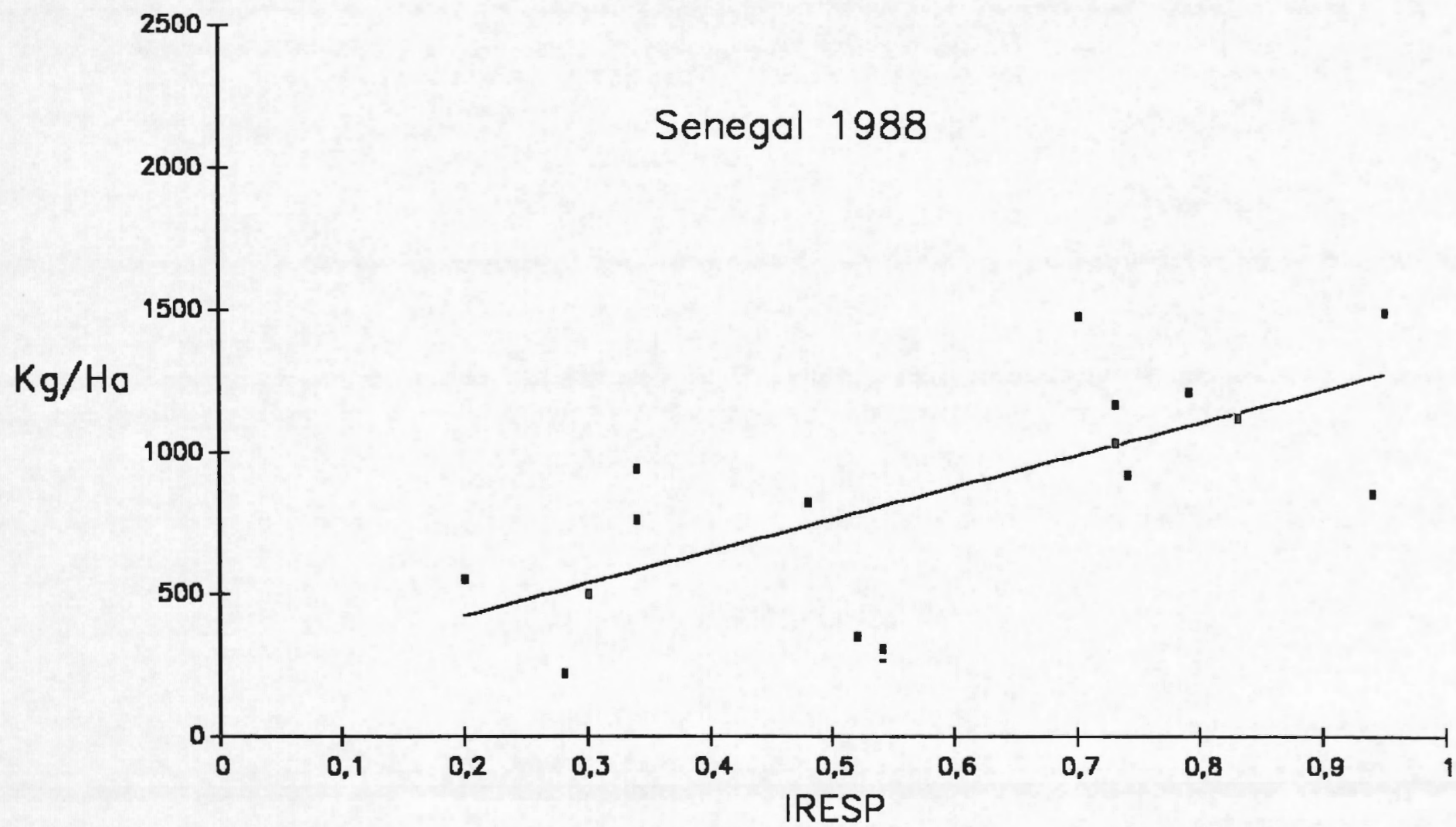
La forte variabilité des rendements obtenus pour un même niveau d'ETR soulèvent le problème de la méthode d'échantillonnage qui semble mal adapté à la situation agronomique.

Les références aux résultats obtenus au Mali militent pour qu'à l'avenir soit mis en place des sites lourds garantissant un minimum de répétitions estimé à 30 champs par culture.

Dans ces conditions, l'indice de rendement régional devrait pouvoir être obtenu avec un  $R^2$  proche ou supérieur à 80 %.

Rendement du mil

Senegal 1988



### 7.5.2. Le dispositif régional

La technologie du traitement de l'image thermique METEOSAT ayant été transférée au Centre UTIS ISRA/ORSTOM de Dakar, le responsable du laboratoire de Bioclimatologie du CNRA Bambey a consacré une partie de son programme au traitement de ces images pour le cas du Sénégal, en vue d'informer rapidement les responsables nationaux sur la localisation d'éventuelles poches de sécheresse. Cette action a permis notamment de confirmer l'arrivée tardive de l'hivernage, et de mettre en évidence les situations critiques de fin de cycle dans toute la partie Nord du pays.

### 7.6. CONCLUSION

Le cas du suivi ESPACE au Sénégal semble mettre en évidence, comme pour le Niger la nécessité de prendre en compte le niveau de fertilité associé au type variétal. Ces remarques correspondent aux questions soulevées au cours de l'atelier, lors de l'exposé des acquis et orientations en matière de recherche agroclimatologique :

- mieux apprécier les coefficients cultureux en situation peu fertile,
- apprécier plus précisément la notion de période critique,
- éventuellement proposer une formule simplifiée d'estimation du rendement régional pour les systèmes et situations culturales extensives.

Une formule reliant le rendement à l'ETR(cycle), compte tenu d'une évaluation raisonnée et adaptée de l'ETM semble pouvoir fonctionner pour le Niger et le Sénégal.

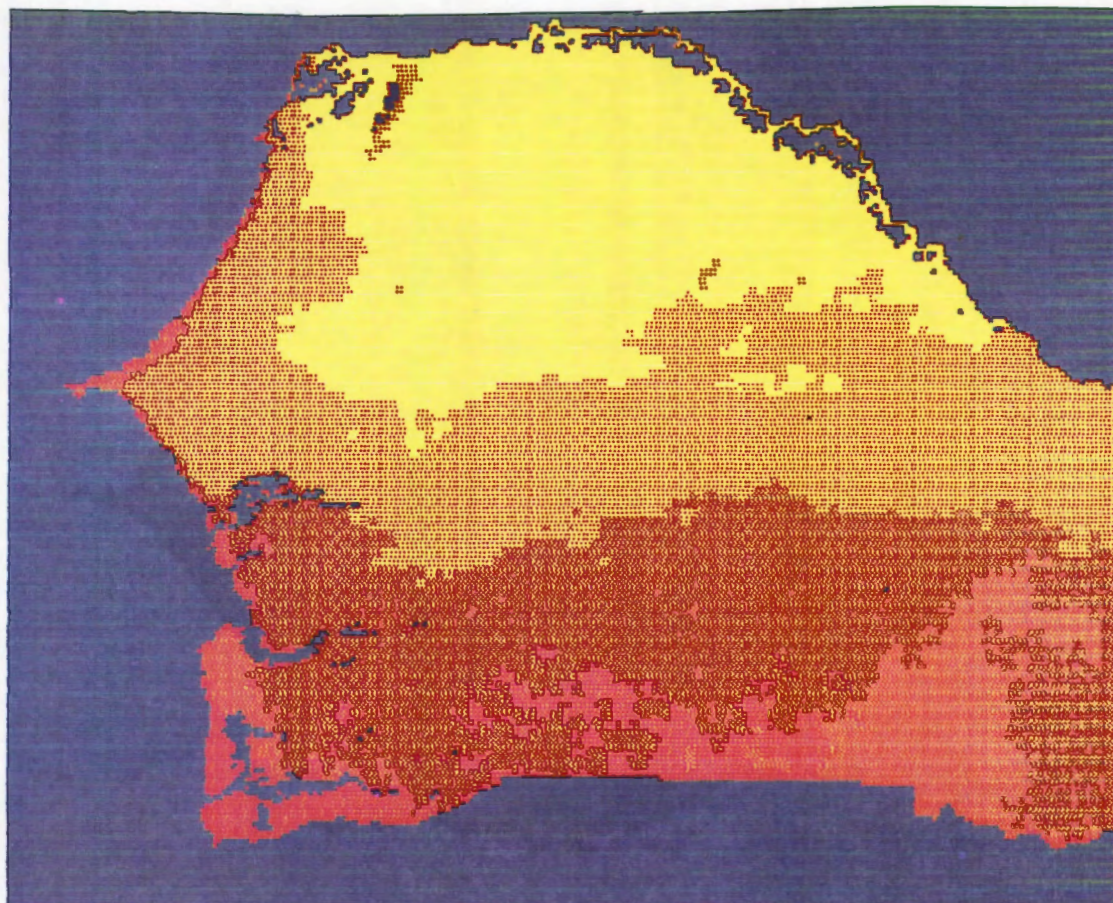
Les exposés des quatre équipes ayant participé au suivi ESPACE ont confirmé l'intérêt de la méthodologie proposée et expérimentée depuis 3 ans.

D'une part, en respectant un protocole statistique adapté, on obtient enfin une estimation exogène du rendement régional, avec une précision fort appréciable compte tenu de la diversité des situations.

D'autre part, en analysant plus profondément les liaisons entre le rendement, les paramètres pédoclimatiques et l'environnement agronomique, il apparaît progressivement le profil d'une méthodologie plus fine de prévision des rendements.

Il conviendra ainsi de tenir compte pour les prochaines campagnes de paramètres tels que : densité, fertilisation, photopériodisme pour mieux apprécier l'ETR et l'efficacité de l'eau.





CUMUL PLUVIOMETRIQUE AU 31/07/88

Mise en évidence des zones où les cultures ont été semées en raison de l'installation de l'hivernage (zone orange foncée) au 31/07/88.

- 8 -

## LES LOGICIELS AGROCLIMATOLOGIQUES

Les objectifs assignés au projet ESPACE en liaison avec ceux de la cellule Diagnostic Hydrique des Cultures (DHC) du Centre AGRHYMET, ont rendu nécessaire la création, l'expérimentation et la validation d'un certain nombre de logiciels de traitement des données.

D'une part, le logiciel DHC destiné à actualiser et éditer, tous les 10 jours les résultats multilocaux du bilan hydrique, d'autre part la base de données PRODCLIM qui assure la collecte, la critique, l'analyse des données agroclimatologiques enregistrées dans les fiches de suivi d'hivernage (cf. bulletin type en annexe).

Enfin, à la demande des composantes nationales agrométéorologiques, des logiciels "utilitaires type SANJI sont proposés pour aider les services météo à gérer en temps réel leurs données pluviométriques.

Une plaquette complète relative au DHC a été éditée et peut être demandée soit au Centre AGRHYMET soit à IRAT/DRN à Montpellier.



## 8.1. LE LOGICIEL DHC DE DIAGNOSTIC HYDRIQUE DES CULTURES CENTRE AGRHYMET ET COMPOSANTES NATIONALES

### PRESENTATION

DHC (Diagnostic Hydrique des Cultures) est un logiciel de SUIVI OPERATIONNEL DE CAMPAGNE AGRICOLE dans le SAHEL mis au point par la cellule de diagnostic hydrique des cultures au centre régional AGRHYMET de Niamey, utilisable sur micro-ordinateurs compatibles IBM-PC, XT, AT.

Ce logiciel est basé sur le modèle de bilan hydrique IRAT/CIRAD. Le programme DHCR qui effectue le bilan hydrique au sein de DHC est en effet un dérivé direct du logiciel BIP 4 de l'IRAT/CIRAD, fixé au pas de calcul de 5 jours, et adapté au suivi régional de campagne agricole.

Pour faciliter le lancement de nombreux bilans hydriques en cours de campagne, DHC comprend un module d'acquisition rapide des données et de lancement automatique en différé de séries de bilans, nommé START.

### DONNEES D'ENTREE DE DHC

Les données d'entrée nécessaires au modèle de bilan hydrique sont :

- les pluies quotidiennes (à saisir),
- les ETP PENMAN décadaires (à saisir), (Le référentiel EVbac n'est pas utilisable dans la première version de DHC).
- les coefficients cultureux pentadaires (Kc) pour le référentiel ETP PENMAN (contenus dans le logiciel et accessibles pour 7 des principales cultures du Sahel : Mil de 90 et 120 jours, Arachide de 90 et 120 jours, Niébé de 70 jours, Maïs et Riz de 110 jours).
- la réserve maximale utilisable du sol.

Les données (pluie, ETP, Kc) sont stockées dans des fichiers portant le nom de la station codé sur 6 caractères et portant l'extension :

- . PLU pour les pluies,
- . PEN pour les ETP et Kc.

La réserve utile du sol est entrée au clavier lors de l'utilisation de DHCR ou lue sur un fichier de commandes si l'on utilise DHCR lancé en série.

### TYPES DE SORTIES DU LOGICIEL DHC

Les résultats du bilan hydrique effectué par le logiciel DHC sortent sous 3 formes (cf. figure 1) :

Remarque : le manuel complet d'utilisation du logiciel DHC peut être obtenu, avec la diskette auprès de la cellule DHC du Centre AGRHYMET.



- un listing détaillé de bilan hydrique ,
- un fichier synthétique (RESULT) de sauvegarde des principaux résultats de chaque bilan,
- un fichier de coordonnées graphiques (PLOT.DAT) à partir duquel sont tracés des graphiques de comparaison offre/besoins en eau.

### SCHEMA GENERAL DE FONCTIONNEMENT DE DHC

Le logiciel DHC comprend un noyau central constitué par le programme DHCR de bilan hydrique, et de 6 programmes d'environnement.

\* Les programmes PLU et PEN sont responsables de l'acquisition rapide des données de pluies journalières (programme PLU), ETP décennales et coefficients culturaux (programme PEN).

\* Les programmes CRE et BAT permettent de préparer le lancement en différé de séries de bilans hydriques. CRE est responsable de la création et du remplissage de "fichiers de commandes" contenant les réponses normalement entrées au clavier en cours d'exécution de DHCR (nom de la station, culture, réserve utile du sol, date de semis, date d'actualisation du bilan). BAT élabore pour sa part un fichier de lancement contenant la liste des bilans hydriques à effectuer automatiquement (avec ou sans sortie graphique), avec référence aux fichiers de commandes correspondants.

\* RES et GRAPH sont des programmes de traitement des sorties du bilan hydrique. RES permet d'accéder (lecture, impression, sauvegarde sur fichier) aux résultats contenus dans le fichier synthétique. RESULT. GRAPH est un programme graphique qui permet de tracer sur imprimante un graphique de comparaison offre demande en eau de la culture après chaque bilan (facultatif).

### UTILISATION PRATIQUE DE DHC

Dans la pratique du suivi de campagne grâce au logiciel DHC, les bilans hydriques sont lancés en série. Le lancement d'une série de bilans passe par 3 étapes :

#### **1 Actualisation des données**

La liste des cultures dont on désire utiliser les coefficients culturaux est choisie en début de campagne mais peut être modifiée en cours (programme PEN). Les données de pluies et ETP doivent être actualisées avant chaque séance (chaque décennie) grâce aux programmes PLU et PEN.

#### **2 - Préparation d'un fichier de lancement**

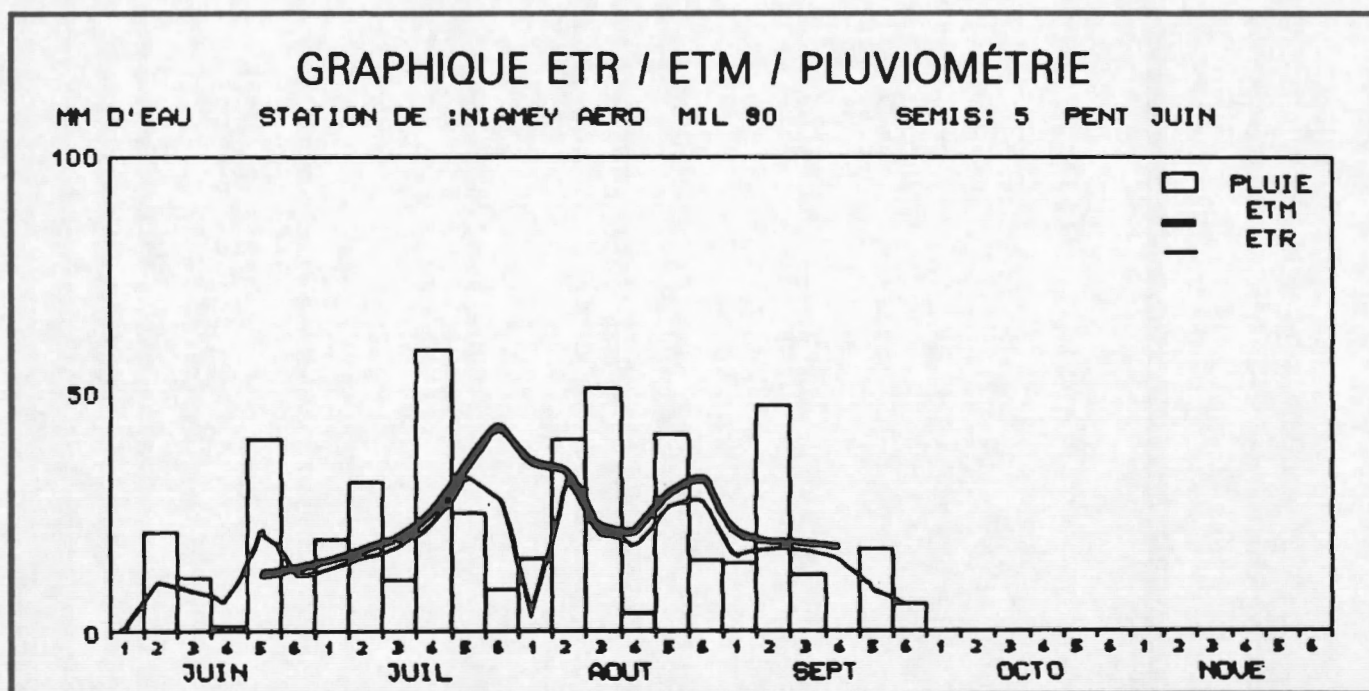
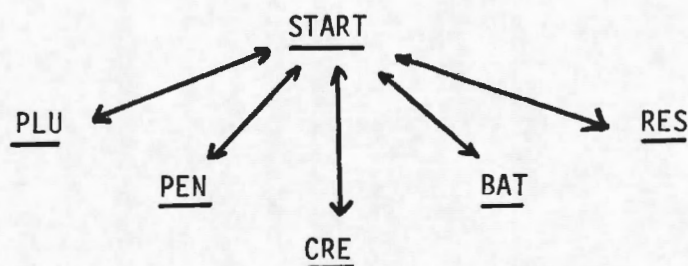
En début de campagne, lors de la première session du suivi, il faut créer les fichiers de commandes correspondant aux diverses stations, cultures, dates de semis et niveaux de réserve utile du sol sur lesquels seront effectués les bilans hydriques (programme CRE). Le lancement automatique d'une série de bilans se fait par l'intermédiaire d'un fichier de lancement contenant la liste des bilans à effectuer. Cela est réalisé grâce au programme BAT qui prend également en charge l'actualisation de la date de fin de bilan dans les fichiers de commandes correspondants à la série à effectuer.

### 3 - Lancement de la série de bilans hydriques

Le lancement se fait par appel du nom du fichier "batch" de lancement sous système d'exploitation MS-DOS.

L'accès aux différents programmes du logiciel DHC se fait par l'intermédiaire d'un menu principal appelé START. On peut ainsi lancer les programmes PLU, PEN, CRE, BAT, et RES, avec retour au menu principal en fin d'exécution (cf. figure 2). Dans la pratique du suivi régional de campagne agricole, on ne fait jamais appel directement au programme de bilan hydrique DHCR ni au programme GRAPH qui sont appelés automatiquement lors du lancement en série de bilans hydriques.

Figure 1 - ORGANIGRAMME DE CHAINAGE DES PROGRAMMES DU LOGICIEL DHC



D.H.C.

BIP 4

STATION DE NIAMEY AERO  
BILAN HYDRIQUE PENTADAIRE  
D'UNE CULTURE DE MIL 90  
SIMULATION POUR 1988

ANNEE : 1988

MIL 90

90 jours

RESERVE MAXIMALE UTILISABLE :	80 mm	PLUIE POUR LE SEMIS PRECOCE :	0 mm
SEUIL DE RUISSELLEMENT :	0 mm	DOSE D'IRRIGATION AU SEMIS :	0 mm
COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT :	0 %	DOSE EN COURS DE CULTURE :	0 mm

BILAN HYDRIQUE DEMARRANT : 1° pentade de JUIN

ACTUALISE A : 6° pentade de SEPT

SEMIS EFFECTIF : 5° pentade du mois : JUIN

NB : Avant le semis et jusqu'à la levée (5° j.a.s.),  
la colonne ETR tient compte de l'évaporation sol nu.

PENT.	P	ETM	ETMc	ETR	ETRe	RES	RU~I	K	DR	sdr	ISBEp	IScu
JUIN1	.0	.0	.0	1.0	.0	.0	.0	.00	.0	.0	.00	.00
JUIN2	20.6	.0	.0	10.8	.0	9.8	.0	.00	.0	.0	.00	.00
JUIN3	11.0	.0	.0	9.8	.0	11.0	.0	.00	.0	.0	.00	.00
JUIN4	1.2	.0	.0	6.5	.0	5.7	.0	.00	.0	.0	.00	.00
===== SEMIS MIL 90 =====												
JUIN5	40.3	12.0	12.0	21.8	12.0	24.3	.0	.37	.0	.0	1.00	1.00
JUIN6	.0	13.3	25.3	13.1	25.1	11.2	.0	.41	.0	.0	.98	.99
JUIL1	19.2	14.7	40.1	14.3	39.4	16.1	.0	.46	.0	.0	.97	.98
JUIL2	31.5	17.6	57.7	17.2	56.6	30.4	.0	.55	.0	.0	.98	.98
----- phase floraison 1 -----												
JUIL3	10.8	19.2	76.9	18.1	74.8	23.0	.0	.64	.0	.0	.95	.97
JUIL4	59.1	24.9	101.8	23.6	98.3	56.4	.0	.83	2.1	2.1	.95	.97
JUIL5	24.9	34.7	136.4	32.7	131.1	47.3	.0	1.02	1.3	3.5	.94	.96
JUIL6	8.8	44.5	180.9	36.0	167.1	20.0	.0	1.09	.0	3.5	.81	.92
----- phase floraison 2 -----												
AOUT1	15.0	35.1	216.0	17.7	184.8	17.3	.0	1.15	.0	3.5	.51	.86
AOUT2	40.5	35.4	251.4	30.1	214.9	27.7	.0	1.16	.0	3.5	.85	.85
----- phase maturation -----												
AOUT3	51.0	22.2	273.6	21.2	236.1	57.6	.0	1.17	.0	3.5	.95	.86
AOUT4	3.5	20.7	294.3	19.0	255.1	42.0	.0	1.09	.0	3.5	.92	.87
AOUT5	41.1	29.8	324.1	28.1	283.1	51.9	.0	1.01	3.1	6.6	.94	.87
AOUT6	14.5	32.9	357.0	30.5	313.6	36.0	.0	.93	.0	6.6	.93	.88
SEPT1	14.3	20.5	377.5	18.0	331.6	32.3	.0	.82	.0	6.6	.88	.88
SEPT2	47.3	19.5	397.0	18.8	350.4	60.8	.0	.78	.0	6.6	.96	.88
SEPT3	11.8	19.1	416.2	18.2	368.6	54.4	.0	.75	.0	6.6	.95	.89
SEPT4	.0	18.1	434.3	16.7	385.3	37.7	.0	.71	.0	6.6	.92	.89
===== RECOLTE =====												
SEPT5	17.2	.0	434.3	9.9	385.3	45.0	.0	.00	.0	6.6	.00	.00
SEPT6	5.7	.0	434.3	6.6	385.3	44.1	.0	.00	.0	6.6	.00	.00

TOTAL PLUIES DU CYCLE : 433.6

INDICE DE SATISFACTION ETR/ETM PAR PHASE				
IDV	FL1	FL2	MATUR	CYCLE
.98	.90	.68	.93	.89



## Exemple de sortie imprimante du fichier RESULT

Bilans NIGER au 31/08/88

station	culture	sem	RMU	Splu	ISm	ISBc	stoc	Sdr	DRd	rest	ETMd
NIAMEY AERO	MIL 90	JUIN1	60	393.	.95	.70	30.	35.	15.	0	0.
NIAMEY AERO	MIL 90	JUIN5	60	360.	.92	.82	17.	45.	5.	20	40.
TILLABERY	MIL 90	JUIN2	60	343.	.95	.69	37.	43.	42.	5	20.
TILLABERY	MIL 90	JUIN6	60	299.	.94	.91	30.	27.	27.	25	49.
GAYA	MIL 120	AVRI6	120	742.	.48	.81	109.	176.	59.	-5	0.
GAYA	MIL 120	MAI 6	120	694.	.95	.94	77.	234.	55.	25	52.
BIRNI NKONNI	MIL 90	JUIN1	90	476.	.97	.91	70.	53.	27.	0	0.
BIRNI NKONNI	MIL 90	JUIN6	100	386.	.94	.96	72.	94.	8.	25	44.
TAHOUA	MIL 90	JUIN1	60	254.	.90	.52	13.	0.	0.	0	0.
TAHOUA	MIL 90	JUIL1	60	236.	.60	.78	8.	0.	0.	30	63.
MARADI	MIL 90	JUIN2	90	407.	.95	.78	67.	28.	24.	5	16.
MARADI	MIL 90	JUIN6	90	376.	.94	.91	59.	51.	6.	25	40.
ZINDER AERO	MIL 90	JUIN2	80	430.	.95	.63	57.	91.	88.	5	17.
ZINDER AERO	MIL 90	JUIN6	100	406.	.94	.83	69.	59.	59.	25	43.
MAGARIA	MIL 90	AVRI5	90	296.	.00	.46	74.	0.	176.	-40	0.
MAGARIA	MIL 90	JUIN2	90	688.	.95	.92	67.	258.	160.	5	17.
MAGARIA	MIL 90	JUIN5	90	623.	.94	.95	61.	295.	144.	20	38.
MAINE SOROA	MIL 90	JUIN2	80	347.	.95	.63	58.	55.	42.	5	21.
MAINE SOROA	MIL 90	JUIL1	100	327.	.94	.92	69.	24.	24.	30	56.
NGUIGMI	MIL 90	JUIN6	60	222.	.89	.71	4.	0.	0.	25	53.

## ----- LEGENDE -----

sem : date de semis (mois, pentade)  
 RMU : réserve maximale utilisable du sol (mm)  
 Splu : somme des pluies utiles (mm)  
 ISd : indice de satisfaction des besoins en eau de la culture pour la décade d'actualisation  
 IScu : indice de satisfaction des besoins en eau cumulé depuis le semis de la culture  
 stoc : stock d'eau dans le sol fin décade (mm)  
 Sdr : pertes par drainage cumulées depuis semis (mm)  
 DRd : pertes par drainage sur la décade (mm)  
 rest : nombre de jours restant avant récolte (ou de jours après récolte si négatif)  
 ETMd : ETM (besoins en eau de la culture) estimée pour la décade suivant l'actualisation (mm)

Dans le cadre de l'opération "suivi d'hivernage" et des divers travaux qui en découlent (zonage agroclimatiques, bilan de l'hivernage à une date donnée, ...), nous avons été amenés à gérer un nombre considérable de données pluviométriques.

Il s'avérait donc nécessaire de disposer d'un outil informatique, simple d'utilisation, susceptible de réaliser d'une part la gestion des données (saisie, corrections, vérification) et d'autre part les analyses courantes simples mais souvent fastidieuses (calculs de moyennes, de cumuls pluviométriques, éditions de données, graphiques et hyétogrammes, ...). C'est le but fixé au programme informatique SANJI dont les principales caractéristiques sont brièvement présentés ici.

a) GESTION DES DONNEES : Le format des fichiers pluviométrique retenu est commun aux logiciels BIPODE (bilan hydrique journalier) et GESMET (stations météorologiques automatiques CIMEL). Toutefois, il reste possible de travailler sur les fichiers de type BIP grâce à un module de transfert du format BIP (\*.PLU) au format SANJI (\*.PR) et réciproquement.

Le module de saisie des données est étudié de façon à faciliter à la fois la saisie de grands fichiers ainsi que les corrections et les ajouts ponctuels.

La notion de donnée absente a été réintroduite de façon à éviter l'erreur traditionnelle qui consiste à confondre donnée absente et pluie nulle.

b) GRAPHIQUES : Le module graphique de SANJI permet de réaliser sur un échelle de temps variable les hyétogrammes des pluies journalières, décadaires, mensuelles ou annuelles.

Ce module s'avère très utile dans la mesure où les logiciels utilisés dans le cadre du réseau ESPACE (CHART, REFLEX, ...) sont, en général, très limités dans la gestion des données chronologiques.

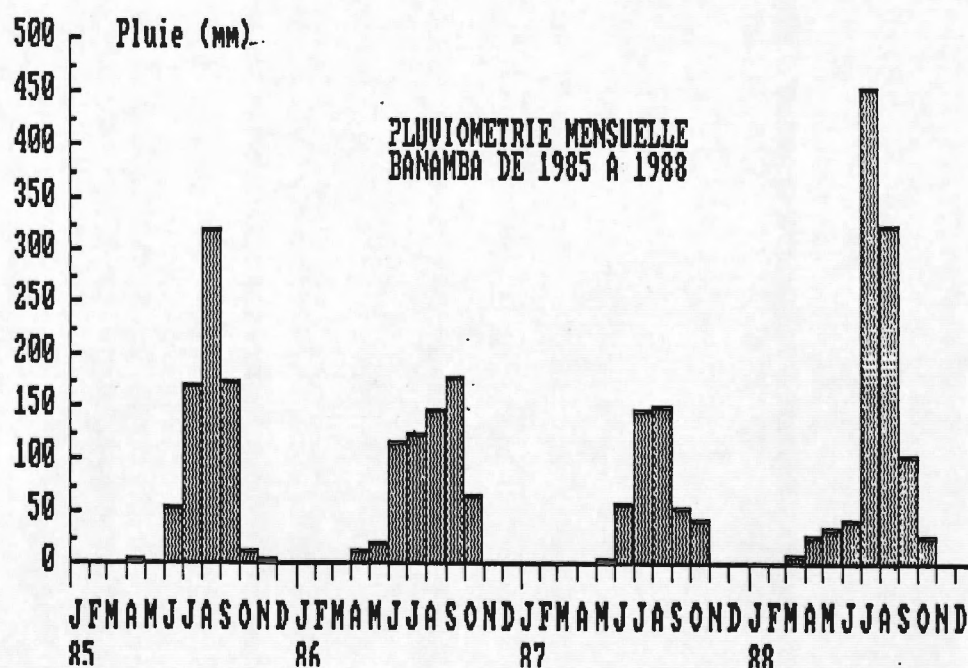
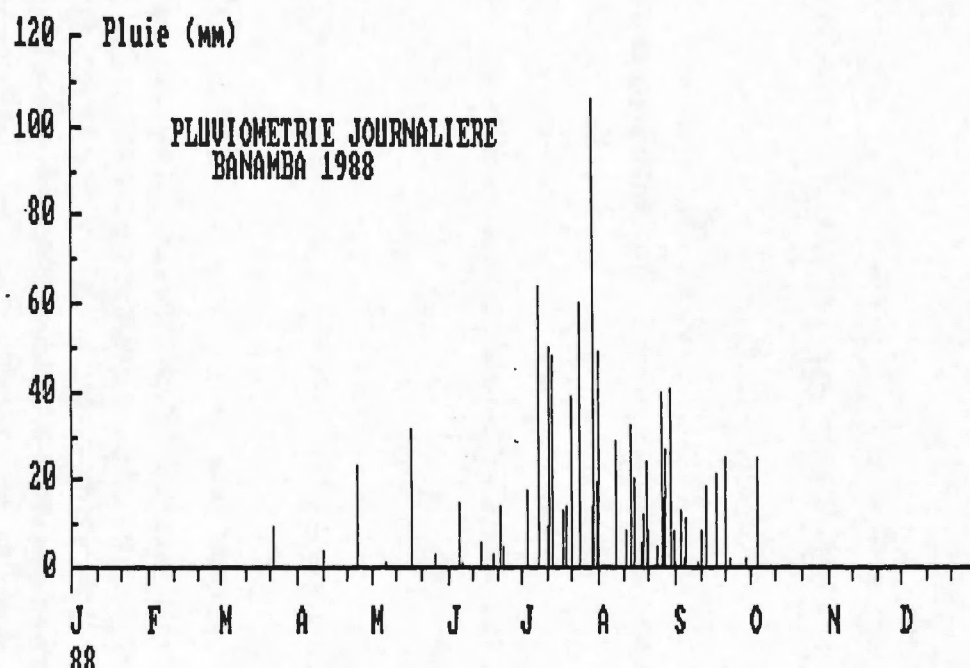
c) EDITION : Le module d'édition de SANJI comprend les options suivantes :

- Edition des pluies journalières (+ totaux mensuels + nombre de jours de pluies)
- Edition des pluies décadaires
- Edition des pluies mensuelles (+ moyennes mensuelles inter-annuelles + totaux annuels + moyenne annuelle)
- Edition des cumuls pluviométriques entre deux dates pour tous les fichiers pluviométriques présents sur le disque ou pour seulement certains d'entre eux.

Pour tester le fonctionnement du programme, nous avons commencé, en collaboration avec la Météorologie Nationale, l'actualisation de tous les fichiers pluviométriques du MALI disposant de plus de 30 années de mesure.

Ce travail en apparence considérable s'est avéré facile à réaliser une fois la maîtrise du programme acquise.

Les bilans et analyses pluviométriques réalisées nous ont ainsi permis de cerner rapidement les principales anomalies de certains fichiers et dans de nombreux cas, de compléter et vérifier les fichiers.





### 8.3 La base de données Production Climat du projet ESPACE Irat/DRN Montpellier

#### OPTIQUES

Cette base de donnée a pour optique de tenir compte des facteurs climatiques (par le biais des résultats obtenus avec le bilan hydrique Forest & Al.) et agronomiques.

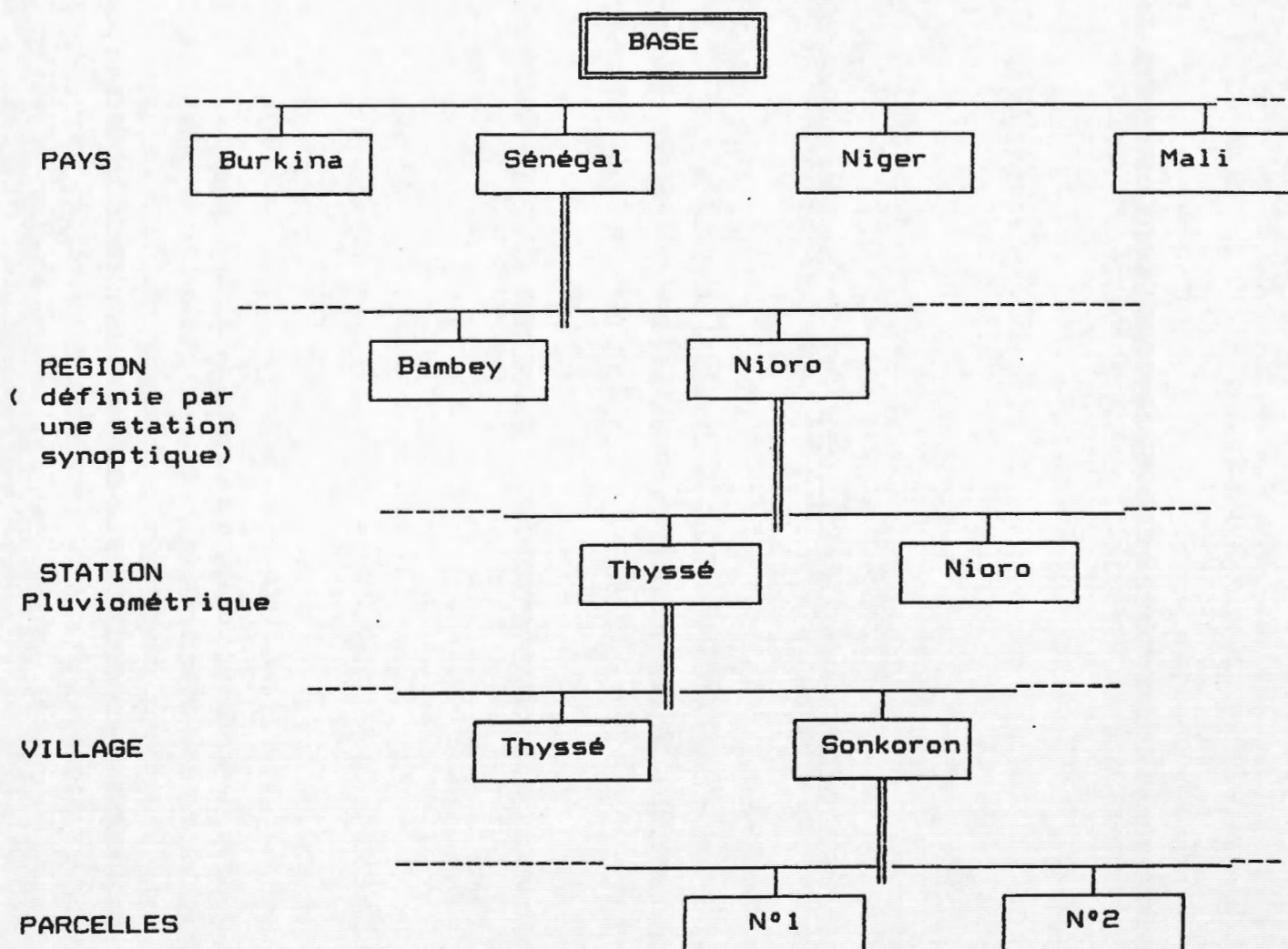
Elle a été conçue et réalisée pour être utilisée par des non informaticiens (convivialité, ergonomie, contrôles).

L'objectif est d'avoir par pays un outil de saisie et d'extraction de données agronomiques, le support informatique choisi est le microordinateur sous système d'exploitation DOS (compatibles PC-AT).

La gestion des données (saisies, modifications) ne peut se faire qu'en un seul site par pays. Par contre les tris, sélections et extractions des données peuvent se faire en plusieurs sites, et il est possible de fusionner les données de plusieurs pays pour leur exploitation.

#### STRUCTURE DE LA BASE

L'intégration de facteurs liés à la climatologie implique la prise en compte de la répartition géographique des parcelles suivies.



### Limites actuelles :

---

Pour des choix de codification nous nous sommes limité à :

- 99 Pays
- 9999 Stations/Pays (Code de référence actuelle ORSTOM)
- 999 Villages/pays
- 99 Parcelles/village/an

Mais l'autre limite viendra en réalité du micro-ordinateur: En effet le stockage des données doit répondre à la capacité des disquettes ou disque dur et du temps d'exécution à la sélection-extraction des données.

Pour la capacité de stockage en prenant comme exemple la saisie de 400 parcelles pour un pays nous utilisons environ 200 Koctets sur l'ensemble des fichiers, ce qui nous laisse une grande marge de manoeuvre .

( la taille réelle varie en fonction du nombre de stations villages...)

### .TYPES DE DONNEES

---

Les fiches d'enquêtes par parcelle permettent de recueillir des données concernant :

- la zone géographique
- la culture et son précédent cultural
- la date de semis/resemis
- la fumure organique/minérale
- la technique culturale
- le type de sol (code)
- les rendements
- les dégâts/enherbement
- la réponse à l'eau de la plante (bilan hydrique)

### TRAITEMENT DES DONNEES

---

Au module de gestion des données a été ajouté un module d'extraction multicritères-multivariables.

Chacune des données se rapportant à une parcelle peut être choisie comme critère de sélection( zone géographique, culture...):

- avec un intervalle de valeur pour les données du type numérique ou date.
- par nom ou une partie du nom pour les données du type caractère.

Suite au choix du ou des critères de sélection l'utilisateur peut déterminer n'importe quelle(s) variables à l'extraction.

Enfin, sur ces données extraites, il peut effectuer des tris, sous tris, etc ...

## PRESENTATION EXPLOITATION DES DONNEES EXTRAITES

Une base de donnée n'étant pas une fin en soit il faut permettre à l'utilisateur de présenter ou de traiter les variables qu'il désire comparer à l'aide d'autre(s) logiciel(s). Trois modes de sorties sont donc proposés :

- 1) Stockage sous forme de fichier texte(ASCII),  
format colonné ou séparateurs(" et ,), offrant  
l'ouverture à d'autres logiciels de marché ou de  
recherche ( statistique, graphisme, traitement de  
texte ...)
- 2) Sortie imprimante sous forme de rapport  
Titre, chapitre, totaux, présentation en colonne
- 3) Fichier de type dbase

Exemple de base de données proposée par le logiciel PRODCLIM.  
Extrait du projet Espace Mali 1987.

DONNEES SUIVI HIVERNAGE MALI 1987						
VILLAGE	RDT GRAINS	EPIS/ GOUSSES	ETR CYCLE	ETR/ETM CYCLE	ETR/ETM P.C.	DRAINAGE IDV+PLI
** ESPECE: KITA PAR	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0
** ESPECE: ARACHIS						
BARAMANDOGOU	196	375	311.1	0.56	0.40	0.0
SAME	2020	*****	314.4	0.50	0.27	0.0
SAME	1749	2370	322.4	0.50	0.27	0.0
SAME	1192	1912	322.4	0.50	0.29	0.0
BEMA	1700	0	290.2	0.43	0.32	2.7
BEMA	783	0	278.8	0.41	0.22	15.1
TOUMOUDALA	646	958	419.8	0.85	0.88	26.1
CINZANA GARE	2089	2611	359.3	0.69	0.69	28.0
CINZANA GARE	1911	2389	369.2	0.69	0.73	0.0
CINZANA GARE	729	1044	354.4	0.69	0.69	28.0
CINZANA GARE	0	2604	370.6	0.71	0.72	0.0
LOUTANA	1413	2174	482.8	0.70	0.85	0.0
KEBILA	840	1400	538.7	0.92	0.94	187.0
KITA PAR	646	958	419.8	0.85	0.88	26.1
KITA PAR	921	1314	450.0	0.90	0.94	0.0
KATIBOUGOU	1115	1047	401.6	0.91	0.93	0.0
KATIBOUGOU	1422	2134	376.2	0.88	0.87	70.6
KOPORO-KENIEPE	22	374	255.9	0.43	0.40	0.0
KOPORO-KENIEPE	769	1025	229.7	0.38	0.26	0.2
KOPORO-KENIEPE	610	1220	229.7	0.38	0.26	0.2
KOPORO-KENIEPE	182	330	181.5	0.29	0.07	23.6
KOPORO-KENIEPE	132	240	234.2	0.39	0.15	0.2
LONGOROLA	0	0	394.3	0.85	0.82	163.2
FARACORO	1410	3450	440.2	0.83	0.91	6.0
ZANGOROSSO	833	1625	330.3	0.61	0.45	66.0
ZANGOROSSO	1122	1319	328.7	0.71	0.72	15.0
NIGUILA	1550	2214	328.7	0.71	0.72	15.0
SOTUBA	3118	4386	504.9	0.93	0.92	82.0
SOTUBA	3268	4813	504.9	0.93	0.92	82.0
SOTUBA	2497	3458	504.2	0.93	0.92	82.0
SOTUBA	1538	2207	516.2	0.93	0.94	10.0
SOTUBA	1586	2289	447.2	0.82	0.84	211.0
SOTUBA	579	1223	412.3	0.74	0.62	231.0
GONIDO	955	1469	380.6	0.64	0.54	51.0



- 9 -

## PROGRAMMATION DU PROJET ESPACE/DHC

## ET RECOMMANDATIONS

La table ronde ayant succédé aux divers exposés et discussions avait pour objet une réflexion sur la méthodologie Espace et l'identification des mesures à prendre dans la mise en place des dispositifs pour les années 1989-90-91.

L'analyse des résultats obtenus en 1986, 87 et 88 a soulevé un certain nombre de problèmes méthodologiques liés à la représentativité des sites d'observation et à la qualité des liaisons obtenues entre le rendement mesuré et l'indice de rendement espéré calculé à partir de la simulation du bilan hydrique.

Une appréciation acceptable du rendement régional est liée à la mise en place d'un minimum de répétitions pour un site sélectionné.

Parallèlement, en relation avec les objectifs opérationnels de la cellule Diagnostic Hydrique des Cultures du Centre AGRHYMET de Niamey, la nécessité de couvrir spatialement l'ensemble de l'aire géographique des pays de la zone CILSS a été soulignée.

En vue d'approfondir les deux volets du programme futur, deux commissions spécifiques ont été proposées en vue d'établir un projet de recommandations finales.

### **9.1. LA COMMISSION DISPOSITIF NATIONAL REGIONALISE**

Un dispositif léger DHC sera implanté dans tous les pays membres d'AGRHYMET. Ce dispositif doit permettre :

- d'étendre le réseau ESPACE,
- de généraliser la méthodologie à travers la diffusion du même bulletin d'enquête,
- d'élargir la base de référence de la banque de données PRODCLIM.
- d'améliorer la qualité du suivi DHC en cours d'hivernage en accélérant le retour de l'information agroclimatique vers la cellule DHC.

#### **9.1.1. Le nombre de bulletin d'enquête**

Le nombre de bulletin d'enquêtes (cf. tableau) est lié au choix des sites et cultures opérés dans chaque pays.

Les cultures choisies doivent impérativement correspondre aux spéculations principales. Les sites de mesure doivent être situés à moins de 5 km de la station synoptique, être équipés d'un pluviomètre.

### 9.1.2. Les missions de suivi

Les informations seront collectées au cours de missions réalisées par les membres du GTP (DMN + recherche agro...).

- une mission de début de campagne pour l'identification des vagues de semis, le choix des champs et la pose des carrés de rendement.
- une mission en cours d'hivernage (de préférence au cours de la phase sensible) permettant le contrôle et la collecte des informations principales : attaques, état de la végétation...
- une mission de fin d'hivernage, lors de la récolte permettant la récupération des bulletins d'enquête.

Toutes ces missions feront l'objet d'un rapport adressé à la cellule DHC.

### 9.1.3. Les indemnités

Une indemnité doit être prévue pour les observateurs du réseau responsable des parcelles et de la rédaction des bulletins (3 parcelles minimum par station). Elle pourrait s'élever à 5.000 FCFA/mois par observateur et faire l'objet d'une confirmation dans les rapports nationaux que chaque composante doit adresser au Centre AGRHYMET pour fin Mars.

### 9.1.4. Les missions d'appui

Une mission d'appui DHC/IRAT peut être prévue par pays avant le début de la campagne (Avril/Mai) :

- formation complémentaire des agents,
- mise en place du logiciel DHC,
- contrôle du dispositif ESPACE,
- installation et utilisation des équipements micro-informatiques.

Ces missions devront être demandées à l'initiative de chaque pays et être mentionnées dans leur rapport national de précampagne 1989.

### Répartition des sites et cultures par pays (suivi léger)

	SITES	CULTURES	
Burkina Faso	11-12	Mil - sorgho - maïs	3 Champs/culture et par site (au minimum)
Cap Vert	6-7	Maïs - haricot	
Guinée Bissau	3-8	Mil - Sorgho - Maïs	
Mali	13	Mil - sorgho - maïs	
Mauritanie	7	Mil - Sorgho	
Niger	30-50	Mil - Sorgho - Niébé	
Sénégal	15-16	Mil - Arachide - Maïs	
Tchad	6,8		

## 9.2. LA COMMISSION RECHERCHE ESPACE - DISPOSITIF SITES LOURDS

Les perspectives d'activité en matière d'agroclimatologie ont été analysées au niveau des pays n'ayant pas encore effectivement contribué à l'élaboration du référentiel technique ESPACE.

Le principe de la réalisation d'une étude de pré faisabilité de la méthodologie a été retenu à l'unanimité.

Les études porteront sur l'analyse, par simulation du bilan hydrique des relations entre la pluviosité, l'évapotranspiration réelle, l'indice IRESP et la fluctuation du rendement observé sur des essais agronomiques de longue durée (référentiel station de recherche).

La collecte des données climatiques (pluie journalière et évaporation), des résultats et observations agronomiques portera sur les cultures suivantes :

Gambie	Early Millet (mil précoce)
Guinée Bissau	rice (riz pluvial)
Cap Vert	maïs
Mauritanie	Sorgho

Les traitements pourront être réalisés sur micro-ordinateurs MS/DOS soit dans les pays soit à l'IRAT/Montpellier qui propose ses capacités de traitement.

Il a par ailleurs été demandé au Centre AGRHYMET la traduction en anglais des logiciels DHC.

### Recommandations relatives aux sites lourds ESPACE

Compte tenu de la nécessité de produire des résultats homogènes, fiables susceptibles de produire des indices de rendement explicatifs de la réalité, il a été décidé par les participants de mettre en place le dispositif ESPACE selon les modalités suivantes :

- réduction à quelques sites lourds par pays (3-5),
- choix du Mil comme culture de référence,
- possibilité d'adjoindre la culture secondaire,
- répétition des observations sur 30 champs/culture.
- implantation des champs dans un rayon inférieur à 5 km du pluviomètre.
- minimum de 3 carrés de rendement par champ.
- utilisation systématique de pesons et balances normalisées.
- affectation d'un chercheur à plein temps pour la durée de l'hivernage (6 mois).



En 1989, il sera par ailleurs procédé à la synthèse de toutes les données de base ESPACE pour une analyse, critique systématique des résultats par IRAT/Montpellier. La base de donnée corrigée et évaluée sera alors transmise à la CDHC et aux composantes principales pour utilisation.

Il est donc demandé à chaque composante de prendre contact avec IRAT (M. C. BARON) pour que soit assurée cette synthèse des résultats.

A travers une concertation pluridisciplinaire, il est proposé à chaque composante d'adjoindre toute fiche complémentaire à l'actuel bulletin d'enquête en vue d'enrichir la qualité du suivi d'hivernage.

Inventaire des sites lourds par pays

BURKINA FASO	zone Ouest zone Centre zone Est	MALI	Koporo Cinzana Kita Longorolla Banamba - Kassella Bema
SENEGAL	Siné Saloum Bassin arachidier Louga	TCHAD	à identifier
NIGER	Chickal Keita Maradi Niamey		

## A N N E X E

---

## FICHE OBSERVATION PARCELLE

---

DEPARTEMENT OU CERCLE : .....

NOM DU POSTE PLUVIOMETRIQUE : .....

VILLAGE : .....

NOM PROPRIETAIRE DE LA PARCELLE .....

ANNEE : .....

CULTURE : .....

SOL :  
1. sable  
2. limon  
3. argile  
4. gravillon  
5. bloc de cuirasses

TOPOGRAPHIE :  
0. sommet de pente  
1. milieu de pente  
2. bas de pente  
3. bas fond

### TECHNIQUES CULTURALES :

#### **\* Préparation du sol :**

1 : nulle, 2 : manuelle, 3 : equine, asine, ou cameline 4 : bovine

5 : motorisée

1 : à plat 2 : sur billon

1 : au soc 2 : à la dent

**\* Semis en ligne :**                      oui                      non

Si oui : écartement sur la ligne, en cm : .....cm  
écartement entre les lignes, en cm : .....cm



**\* Date de semis : ...../...../1988**

S'il y a resemis : date ...../...../1988 et pourcentage resemé : ....%

**\* Fumure organique 1988 :**      oui              non

Si oui : quantité : ..... t/ha

origine : parcade, poudrette, fumier, compost,.....

**\* Précédent fumure organique :**

1987 :	oui	non
1986 :	oui	non

**\* Fumure minérale :**                      oui              non

SI OUI :

surface totale de la parcelle, en m2.....

quantité 1 sur la parcelle : ..... kg, date.../.../1988, formule.....

quantité 2 sur la parcelle : ..... kg, date.../.../1988, formule.....

quantité 3 sur la parcelle : ..... kg, date.../.../1988, formule.....

**\*Sarclage :**                      oui              non

date 1 : ...../.....1988	manuel	mécanique
date 2 : ...../.....1988	manuel	mécanique
date 3 : ...../.....1988	manuel	mécanique
date 4 : ...../.....1988	manuel	mécanique
date 5 : ...../.....1988	manuel	mécanique

Indiquer la date du sarclage manuel après le sarclage mécanique.

**\* date de démarriage :...../.....1988**

**\* Buttage (coton, maïs) :**              oui              non

SI OUI (1) cloisonné (2) non cloisonné

## PLANTE

- Espèce : .....
- variété : .....
- durée du cycle physiologique : .....
- date maturité :...../...../1988.
- date à 50 % floraison...../.....1988.
- profondeur racinaire à 30 jours, en cm ..... cm
- date réelle de cette mesure : ...../...../1988.
- précédent cultural (mil, sorgho, jachère...).

**\* Etat de la culture :**

- Enherbement à 60 jours, date de l'observation : ...../...../1988

- 0 : absence de mauvaises herbes
- 1 : très faible quantité d'herbes (5-10 %)
- 2 : peu d'herbes, éparpillées dans l'espace (10-15 %)
- 3 : quantité moyenne d'herbes (15-25 %)
- 4 : beaucoup de mauvaises herbes
- 5 : étouffement des plants par les mauvaises herbes.

- Espèces dominantes :    1 :.....  
                                      2 :.....  
                                      3 :.....

- Dégâts (rats, sautériaux, oiseaux, cantharides.....)

                                      oui                                        non

si oui : date : ...../...../1988  
              cause détaillée :.....  
              degré d'attaque de la culture :.....%

**RENDEMENT**

Surface du carré de rendement prélevé, en m<sup>2</sup> : ..... m<sup>2</sup>

- nombre de lignes (4 au minimum) : .....
- longueur de la ligne (6 m au minimum) :..... m
- écartement entre les lignes prélevées :..... cm

**\* Production céréales :**

- nombre de poquets :.....
- nombre de tiges :.....
- poids d'épis ou panicules à la récolte :..... gr
- poids de paille à la récolte : ..... gr
- poids de grains à la récolte : ..... gr
- pots de 1000 grains :

**\* Production arachide ou niébé :**

- nombre de plants :.....
- poids fanes + gousses à la récolte :.....gr
- poids de gousse (égoussage manuel) :.....gr

- sur 0,5 ka de gousses :

- . nombre de gousses :.....
- . poids des gousses :.....gr
- . nombre de graines :.....
- . poids des graines :.....gr

faire 2 carrés de rendement, si possible.

### OBSERVATIONS DIVERSES :

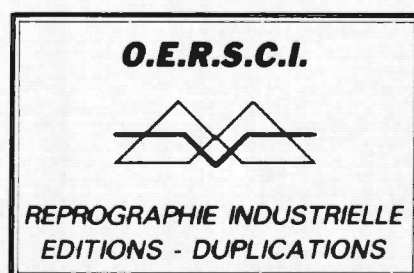
En 1988, noter systématiquement le code "TOPOGRAPHIE", afin de prendre en compte la place de la parcelle sur la toposéquence (le rendement peut varier par le facteur 10 entre la position haute et la position basse).

Exemple : toposéquence de KASSELLA près de BANAMBA au MALI.  
Rendement du mil ka/ha sans engrais,

parcelle haute :	100 ka	code :	0
" milieu :	650 ka		1
bas :	1000 ka		2



*Office d'Édition de la Recherche Scientifique  
et Coopération Internationale*



*Parc Modulopolis H 1 Zone Euromédecine  
Montpellier 67.52.20.05*